nature
الطبعة العربية
الدوريــة الشهــرية العــالميــة للعــــلـــوم

بدايــة عصـــر التحـــرير الجــيني

صفحة 34



في كل مكان

علم الكون

المادة المظلمة تواجه الاختبار الأخير

أخيرًا.. امتلكت الفِرَق البحثية ما كانت تطلبه لتكرار تجربة غامضة

صفحة 20

بحث علمي

تعاونوا مع مجال الصناعة

تحسين العلوم.. بالجمع بين الحوافز، والموارد الأكاديمية

صفحة 48

الاقتصاد

الصين في العالم الجديد

تدرس مارجريت مايرز تأثير الوجود الصيني في أمريكا اللاتينية

صفحة 56

ARABICEDITION.NATURE.COM
مايو 2016 / السنة الرابعة / العدد 44
ISSN 977-2314-55003

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa

nature

مايو 2016 / السنــة الرابعة / العـدد 44

فريق التحرير

رئيـس التحـريـر: مجـدي سعيـد
نائب رئيس التحرير: كريـم الدجـوي
مدير التحرير والتدقيق اللغوي: محسـن بيـومي
محـرر أول: نـهى هنـدي
محـرر علمي: شهاب طه، سُفانة الباهي، لبنى أحمد نور
مدير الشئون الإدارية والمشروعات: ياسمين أمين
مساعد التحرير: رغدة سيد سعد
المدير الفني: محمـد عاشـور
مصمـم جرافيـك: عمرو رحمـة
مستشار التحريـر: أ.د. عبد العزيز بن محمـد السـويلم
مستشار الترجمة: أ. د. سلطان بن عبد العزيز المبارك
اشترك في هذا العدد: أبو بكر خالد، أبو الحجاج محمد بشير، أحمد بركات، أسماء راغب نوار، السيد فايد، حاتم النجدي، راضية عبيد، زينة المحايري، سارة عبد الناصر، سعيد ياسين، سومر عادلة، شادي طرابلسي، طارق راشد، طارق قابيل، عائشة هيب، فكرات محمود، لمياء نائل، لينا الشهابي، محمد السيد يحيى، محمد حجاج، مدحت صادق، نسيبة داوود، نهال وفيق، نهلة عثمان، هبة آدم، هبة الغايش، هويدا عماد، وسيم عبد الحليم، وليد خطاب.

مسؤولو النشر

المدير العام: ستيفن إينشكوم
المدير العام الإقليمي: ديفيد سوينبانكس
المدير المساعد لـ MSC: نيك كامبيل
مدير النشر: أماني شوقي

عرض الإعلانات، والرعاة الرسميون

مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني (J.Giuliani@nature.com)
الرعاة الرسميون: مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية KACST
http://www.kacst.edu.sa
العنوان البريدي:
مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية
ص. ب: 6086 - الرياض 11442
المملكة العربية السعودية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية KACST

التسويق والاشتراكات

التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626
تمت الطباعة لدى باكستون برس المحدودة، ديربيشاير، المملكة المتحدة.

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

http://arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم في شهر

في هذا العدد من دورية *Nature* الطبعة العربية، تجدون مختارات من منشورات دورية *Nature* الدولية في خمسة أعداد أسبوعية، من الخميس 10 مارس إلى الخميس 7 إبريل. ويضم العدد بين جنباته إضاءات على جوانب من آفاق تقدُّم العلوم، نقتطف منها ما يلي:

ففي قسم "التحقيقات"، وتحت عنوان "السباحة مع تيار كريسبر"، تحقيق يتناول التطور الذي تشهده أدوات التحرير الجيني، التي صارت وسيلة علماء الأحياء لاكتشاف الجينوم. ونستعرض من خلال ذلك التحقيق خمس طرق، تستطيع من خلالها تقنية "كريسبر-كاس9" تغيير كيفية معالجة علماء الأحياء للخلايا. أما التحقيق الآخَر، وعنوانه " رحلة البحث عن كوكب غامض"، فيتناول بحث العلماء عن عالَم غير مرئي عند حافة المنظومة الشمسية، حيث "يتجه السعي القائم الآن نحو العثور على أي كواكب أرضية أخرى فائقة الحجم وغير مرئية، ربما تتوارى في مكانٍ ما في مدارات أخرى. ومن المرجح أن يكشِف البحث عن رؤى جوهرية في كيفية تَكَوُّن المنظومة الشمسية قبل 4.6 مليار سنة، وكيفية تطورها منذ ذلك الحين". أما التحقيق الثالث، وعنوانه " الموجة التالية"، فيتناول بداية حقبة جديدة في مجال علم الفلك، المتعلق بموجات الجاذبية، بعد أنْ أثبتت إشارة لحظية في الفضاء صحة النظريات المتعلقة بالثقوب السوداء.

وفي قسم "أخبار في دائرة الضوء"، وتحت عنوان "ظهور عامل يحفز انهيار القارة القطبية الجنوبية"، نتناول مشكلة الزيادة المستمرة في انبعاثات الغازات الدفيئة في القرن الحالي، التي قد تتسبب في رفع مستويات سطح البحر أكثر من 15 مترًا، وذلك بحلول عام 2500، وفقًا لدراسة نُشرت على الموقع الإلكتروني لدورية *Nature* في الأسبوع الأخير من مارس الماضي. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان "خلاف حاد حول احتجاز الحيتان القاتلة"، نتناول الجدل حول دراستين أُجرِيَتا في عام 2015، خَلُصَتا إلى نتائج مختلفة جذريًّا عن طول أعمار الحوت القاتل المحتجَز (*Orcinus orca*)، مقارنةً بأعمار المجموعات البرية منه. كما نتناول في القسم نفسه تحت عنوان "زيكا يلقي الضوء على أهمية بحوث أنسجة الأجنة" كيف تثبت دراسات الأنسجة المثيرة للجدل أهميتها في استقصاء الصلة ما بين الفيروس، والتشوهات الخلقية.

وفي قسم "التعليقات"، يقدِّم أليد إدواردز ـ الرئيس التنفيذي "لاتحاد الجينوم البنيوي ـ ثمانية مبادئ حول نظام بحثي يقوم على التعاون بين الباحثين وزملائهم الصناعيين، وترتبط فيها استمرارية التمويل بإثبات فعالية البحث. ومن تلك المبادئ: فرض تبادل البيانات، وخضوع العمل لرقابة مستقلة قبل إعلانه للجمهور، وتكريس الملكية العامة لجميع النتائج البحثية. وفي القسم نفسه أيضًا، وتحت عنوان " تَعَلَّمْ مِن علماء الأحياء الهواة"، يتناول تود كوكين - الباحث الرئيس في مشروع "مركز ويلسون لعلم الأحياء التخليقية" ـ تمتُّع مجتمع علوم المواطنين الهواة بروح المبادرة والمسؤولية الملائمة لاستخدام تقنية التحرير الجيني، حيث "ينبغي عليه أن يلعب دورًا نشطًا في الحوار العام حول استخدام تقنية "كريسبر/كاس9"، وكيف يمكن لنماذج إدارة معيارية أن تضمن إجراء أبحاث مسؤولة وآمنة".

وفي "كتب وفنون" من هذا العدد، نتعرف على دراسة ممتعة عن الإسهامات البارزة للروائي الشهير فلاديمير نابوكوف في علم الأحياء، حيث يستعرض فلاديمير لوهتانوف كتاب "خطوط دقيقة" *Fine Lines*، الذي يوضح أهمية أعمال نابوكوف العلمية، ويتتبع أثرها في رواياته. كما نتناول أيضًا في القسم نفسه كتاب "مثلث الصين" *The China Triangle* لكيفن جالاجر، وهو أحد أول الكتب التي تحدثت عن أمريكا اللاتينية في عصر ما بعد "الازدهار الصيني"، حيث يسلط الضوء بمهارة على التحديات التنموية في أمريكا اللاتينية.

وفي "صندوق الأدوات" من هذا العدد، نتناول أداة "أُوبِن داتا بَتُون" Open Data Button، وهي "أداة مجّانية تعمل على شبكة الإنترنت، تَعِد بمساعدة مستخدميها على تقديم الطلبات لمؤلّفي الأوراق البحثية؛ ليقوموا بمشاركة بياناتهم مع الجميع، كما تجعل تعقُّب تلك الطلبات على الملأ أمرًا ممكنًا"، حسب قول جوزيف ماك آرثر، وهو قائد مشارِك في المشروع. كما نتناول أيضًا في القسم نفسه، تحت عنوان "روبوتات تخترق خلايا الدماغ"، أمال علماء الأعصاب في تحويل فن التنصُّت على الخلايا العصبية إلى تقنية آلية.

نائب رئيس التحرير
كريم الدجوي

المحتويات

مايو 2016 / السنة الرابعة / العدد 44

COVER ILLUSTRATION BY CHRIS LABROOY

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

مايو 2016 / السنة الرابعة / العدد 44

أبحــاث

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشهـــر

افتتاحيات

رؤية كونية ينبغي على المذكرات توضيح ما إذا كان التراجع عن بحث ما جاء نتيجة سوء سلوك بحثي أم خطأ غير مقصود **ص. 11**

الهندسة الكيميائية تحويل غازات العادم التي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون إلى وقود ديزل **ص. 12**

علم الفيروسات كيف يتكيّف الفيروس مع البعوض **ص. 14**

نــخبــة أفــريــقيــا

منتدى جديد يَعِدُ بمَنْح مكانة مستحَقَّة لباحثين أفريقيين مرموقين، ويبرِز الإمكانات غير المستغَلَّة للقارّة.

كيف يمكن للمهندسين المعماريّين ومخطِّطي المدن أن يساعدوا الأطبّاء الإكلينيكيين في القضاء على مرض السلّ؟ وما هو مفهوم الزمان-المكان؟ هذان سؤالان من بين عدة أسئلة وُجِّهَت إلى علماء أفريقيين، اجتمعوا في الأسبوع الثاني من مارس الماضي؛ لتدشين أوّل تجمُّع علميّ أفريقيّ في العالم.

إنّ منتدى "نيكست أينشتاين فورم" Next Einstein Forum ـ الذي انعقد في داكار بالسنغال ـ جدير بأن يصبح سمة مميزة للمشهد العلمي العالمي. وقد كان هدفه هو تكريم ودعم أغلب الباحثين الشبّان المرموقين الناشطين في قارّة أفريقيا، أو المرتبطين بها عن كثب.

حَضَر التجمع 15 عضوًا أكاديميًّا من مصر، والمغرب، وجنوب أفريقيا، والسنغال، وإثيوبيا، والمناطق المجاورة (انظر: http://nef.org/nef-fellows). وهؤلاء الباحثون أثبتوا أنفسهم علميًّا، وكانت لجميعهم صلات وثيقة مع قارة أفريقيا، حيث يعمل معظمهم داخل القارة، بينما ينتمي الباقون إلى مؤسّسات لها مكانة معتبرة في الولايات المتّحدة وأوروبا، مكوِّنين بذلك مجتمعًا من الجنسيات الأجنبية، استفادت منه دول معينة ـ مثل الصين ـ في تكوين نظام بحثي مزدهر.

اشتمل الافتتاح على عرض متألّق لمغنِّين وراقصين أفريقيين، وعلى رسائل سياسيّة لرئيس السنغال ماكي سال، والرئيس الرواندي بول كاجامي عن الطموح المركّز على العلوم. ومنذ بدء المنتدى، أجمع المشاركون فيه على أن وجود العلماء الشبّان كان هو الملمح الأكثر جذبًا في الحدث.

قَدَّم هؤلاء العلماء أفكارًا بحثية جديدة، مثل جَرّار له ثلاث عجلات، يمكنه أن يجتاز الطرق الموحلة التي تشكّل كثيرًا من المسالك الريفيّة في أفريقيا، كما يمكنه حصد الذرة، وضخّ الماء للريّ. كما قدَّموا نموذجًا نظريًّا للطاقة المظلمة، التي تدفع التوسّع المتسارع للكون. كما أنّهم بصدد البحث عن علاجات وقائيّة جديدة لأمراض القلب وتصلّب الشرايين، المنتشرة بين السكّان السود، وبصدد البحث كذلك عن أساسيّات تحليل البيانات الدلاليّة، ويعملون من أجل تكوين قواعد بيانات تَستخدِم الذكاء الصناعيّ؛ لتوليد الفرضيّات الخاصّة بهم، وأكثر من ذلك.

ولم يتناول المنتدى عرض الأعمال البحثية الممتازة الجارية، بل نُوقشت غالبية التحدّيات المعروفة التي تواجه باحثي أفريقيا من جانب الأعضاء الأكاديميين، والساسة النبلاء الأفريقيين والأوروبيّين والأمريكان، الذين جلسوا معًا في جلسات نِقاش مشتركة.

وتواجه البلدان المجاورة تحدّيات مختلفة جذريًّا، وتمتلك موارد غير متكافئة إلى حدّ كبير، ولا توجد بِنْيَة تحتيّة بحثيّة مناسِبة، وهناك غياب لنظم حماية الملكيّة الفكريّة. وتعوق ثقافةُ "العلوم والرياضيّات للطلبة المتميزين فقط" الأساتذةَ الذين يتطلّعون إلى تشجيع تعلُّم العلوم، بالإضافة إلى أن انتشار فرضيّات معينة ـ مثل أن دراسة العلوم حكر على الذكور، دون الفتيات ـ أدَّت إلى عزوف الفتيات عن دراسة العلوم، وذلك مما يقف عائقًا في وجوه الباحثات.

ورغم التحدّيات الكثيرة.. فقد كان لافتًا للنظر أن المنتدى تعبير عن الإصرار على العثور على الباحثين المتميزين بين باحثي أفريقيا؛ ودعمهم. كما حظيت المساواة في التقدير بين البحوث الأساسية والتطبيقية باحتفاء خاصّ.

ويُعَدّ الاهتمام بالعلوم الأساسيّة والرياضيات أمرًا مهمًّا، إذا كانت أفريقيا تطمح إلى استيعاب الأفكار والتقنيات الغربية داخل سياقها الخاص. لذا.. كان وزير البحث العلميّ السنغاليّ مُحِقًّا في تأكيده على أنّ بروتوكولات المنظّمة العالميّة للصحّة للقاح التهاب الكبد "ب" في أفريقيا ـ المستمدّة من آسيا ـ قد غُيِّرت بسبب ردود فعل علماء بيولوجيّين أفريقيين. وبالمثل، فحتّى الابتكارات في معالجة المعادلات التفاضليّة الجزئيّة تحتاج أن تُطبَّق لا على الفيزياء الأساسيّة فقط، وإنّما على إدارة الموارد المائيّة أيضًا.

والسؤال المنطقي الآن هو: كيف نبني على ما كان ـ بلا شكّ ـ عرضًا ناجحًا للمواهب؟ الداعمان الرئيسان للمنتدى هما المعهد الأفريقيّ لعلوم الرياضيّات ـ الذي يمدّ حاليًّا جناحيه في عدّة بلدان، انطلاقًا من جذوره في جنوب أفريقيا (انظر: go.nature.com/9putdt) ـ ومؤسّسة "روبرت بوش"، ومقرّها في شتوتجارت بألمانيا. وكل منهما يستحق التقدير، كما أنهما يبذلان ما في وسعهما؛ لضمان نموّ عدد الأعضاء الأكاديميّين، واستمرار توافد الخرّيجين على المنتدى كأعضاء فاعلين ضمن ما يشبه التجمع العائلي. وفي حال حدوث هذا، فبإمكان المنتدى أن يصبح حدثًا مرموقًا؛ يستقطب مَنْ بداخل أفريقيا وخارجها من الراغبين في استيعاب أفضل ما في بحوث أبناء أفريقيا، ودعمها. وقد عُهِدت إلى رواندا استضافة المنتدى القادم في عام 2018.

> **«كان المنتدى تعبيرًا عن الإصرار على العثور على الباحثين المتميزين بين باحثي أفريقيا».**

وتوجد فرصة لتحقيق الاستفادة القصوى من تنامي عدد المخطّطات الداعمة للعلماء الشبّان في أفريقيا، جنبًا إلى جنب مع المنتدى، وتتمثل في: أكاديميات الشبان الوطنية، وأكاديمية الشبان العالمية، وبرنامج الريادة في العلوم بأفريقيا في جامعة بريتوريا (انظر: go.nature.com/fkaq9f)، وبرنامج "ديلتاس أفريقيا" DELTAS Africa، التابع لمؤسسة "وِيلْكَم ترَاسْت"، (انظر: go.nature.com/b23xux).

وأثناء الرحلة من مركز المؤتمر إلى نُزُل المشاركين، اتضحت الفوارق بين العوالم الغنيّة للوافدين من بلدانهم، والمشاركين من داكار. هذا.. ولا يمكن تقليص الفقر، والقضاء على عدم المساواة، إلّا خطوة خطوة؛ ولذلك.. فالخطوة التي مَثَّلَها هذا المنتدى كانت ذات مغزى، حيث أبرزت إلى أيّ مدى ينبغي أن يُستثمر الالتزام الماليّ في هذا الجيل الصاعد من العلماء الأفريقيين الشبّان. وما قَدَّمه هذا المنتدى، وما قدَّمه الباحثون لحَرِيٌّ بدعم قويّ. ■

نـــداء مــوجــات الجــاذبــيـة

حان وقت الاستفادة من موجات الجاذبية، بعدما تم اكتشافها.

يتميز الكون بحجمه الهائل.. ذلك الحجم الذي يزداد اتساعًا مع الوقت. وتُعتبر إحدى الحقائق غير المعروفة عن موجات الجاذبية ـ وهي أحدث كشْف كوني أثار اهتمام علماء الفيزياء ـ هي قدرتها على مساعدتنا في قياس توسُّع الكون، كما يمكنها أن تفسِّر سبب تسارع وتيرة هذا التوسع، عوضًا عن تباطؤه المتوقَّع، نتيجة ضغط الطاقة المظلمة الشديد.

وتعود الطريقة التقليدية التي يستخدمها علماء الفلك في قياس المسافات في الفضاء إلى أزمنة تاريخية قديمة، ففي القرن الثالث قبل الميلاد، تمكَّن عالِم الفلك اليوناني أرسطارخوس الساموسي ـ عن طريق براعته في علم المثلثات الأساسي ـ من قياس بُعد القمر عن الأرض بدقة مثيرة للدهشة.

وقد استُعمِلَت طريقةٌ أخرى ـ مشابهة لتلك التي اتبعها أرسطارخوس ـ مفهومًا علميًّا،

يُدعى "اختلاف المنظر النجمي" Stellar parallax، وتم تطبيقها للمرة الأولى في عام 1838، بهدف حساب المسافة التي يبعد بها أحد النجوم عن كوكب الأرض. ولا تزال هذه الطريقة مستخدَمة إلى يومنا هذا، كما يستخدمها مسبار "جايا"، التابع لوكالة الفضاء الأوروبية؛ بهدف تكوين فهرس حديث، يضم أكثر من مليار نجم في مجرّة درب التبانة. ومن شأن هذا الأمر أن يوسِّع نطاق تطبيق هذا المبدأ العلمي؛ ليصل إلى مسافات غير مسبوقة، وأن يخفِّض نسبة الأخطاء إلى أقل من 1%.

ومبدأ اختلاف المنظر النجمي مفيد في القياس، لكنه غير كاف في حالة المسافات الأبعد، وينطوي على قياس المكان الظاهري للنجم في السماء خلال عدة أوقات من السنة، وذلك أثناء دوران الأرض (أو مسبار فضائي ما، مثل جايا) حول الشمس. وتشكِّل المسافة بين النقطتين المرصودتين ـ التي تم قياسها بدقة عالية جدًّا ـ قاعدة المثلث، أمّا النجم البعيد، فيكون في الرأس المقابل. وعليه، كلما كانت الزاوية في قمة الرأس صغيرة؛ ازداد بُعْد النجم أكثر. ونظرًا إلى أن حجم مدار الأرض ثابت، لا يتغير، فكلما تحرك رأس المثلث إلى مسافة أبعد؛ أصبحت الزاوية أصغر فأصغر. وفي نهاية المطاف، يستحيل قياسها بأي قَدْر من الدقة. هذا.. ويُذكر أن (الفرسخ الفلكي هو الوحدة الأساسية لقياس المسافات الفلكية، وهو اختصار لعبارة "اختلاف المنظر لثانية قوسية واحدة"، تشير إلى حجم تلك الزاوية. وتعادل الثانية القوسية الواحدة 3,600/1 من الدرجة، وتكون أصغر من ذلك بكثير في القياسات النموذجية لاختلاف المنظر).

وقد وضع علماء الفلك عددًا من الخطوات التي تعتمد على طريقة "اختلاف المنظر النجمي"؛ من أجل قياس مسافة الأجرام الموجودة في المجرّات الأكثر بُعْدًا. وتُعتبر كل خطوة بمثابة "درجة" فيما يُطلِق عليه العلماء "سلم المسافات الكوني". فعلى سبيل المثال.. تُقَدَّر المسافة بين كوكب الأرض، ومجرّة أندروميدا ـ وهي أقرب مجرّة كبيرة إلى درب التبانة ـ بواسطة قياس سطوع عدة أنواع مختلفة من النجوم الموجودة فيها، ومقارنته مع سطوع النجوم المشابِهة القريبة من الأرض، التي يَعرِف العلماء نسبة اختلاف المنظر النجمي لكل واحدة منها. وتَستغِل هذه الحسابات التقديرية حقيقة أن النجوم تصبح باهتة كلما زاد بُعْدها عنا.

تقع مجرّة أندروميدا على مسافة تُقَدَّر تقريبًا بحوالي 780 كيلو فرسخ فلكي (أي 2,54 مليون سنة ضوئية). وكما هو معلوم.. فإن التليسكوبات غير قادرة على تمييز النجوم الفردية في المجرّات التي تبعد مسافة تُقَدَّر ببضعة ملايين الفراسخ الفلكية، باستثناء طبعًا تلك النجوم التي تنفجر على شكل "سوبرنوفا". ويَستخدم علماء الفلك بعض انفجارات السوبرنوفا؛ لتحديد المسافات الكونية، أو كشموع قياسية، بمعنى أن سطوعها الذي يقيسه العلماء هو مؤشر على مسافاتها.

وعلى الرغم مما سبق، يوجد عامل معقد في هذه العملية، فسطوع الأجرام البعيدة ـ الذي يتم رصده ـ يمكن أن يتأثر بمواد كونية موجودة في الطبيعة، مثل الغبار. وعليه، ألن يكون رائعًا وجود آليّة مباشرة أكثر ثقة لقياس المسافات، بحيث تتمتع بدقة مسبار "جايا"، بالإضافة إلى إمكانية استخدامها في مستويات مختلفة، بدءًا من المجرّات، وانتهاء بالكون؟

هذا هو ما اقترحته ورقة علمية نُشرت في دورية *Nature* قبل ثلاثين عامًا (.B F. Schutz *Nature* **323**, 310–311; 1986)، قائلة إن موجات الجاذبية يمكنها أن تمثل آلية القياس تلك، حيث تنتقل هذه التموجات ـ التي تنبَّأ بها ألبرت أينشتاين في عام 1916 كإحدى نتائج نظريته للنسبية العامة ـ عبر الكون، دون أن تضعف قوتها بفعل الغبار، أو الغاز.

وقد استطاع مرصد الليزر المتطور لقياس تداخل موجات الجاذبية "ليجو" رصد الموجات التي ضربت الأرض خلال شهر سبتمبر من سنة 2015، والتي كشفت عن قوتها عند المصدر، ويمكن نظريًّا استخدامها في حساب المسافة إلى مصدر تلك الموجات.

ومن المقرر ـ خلال السنوات القليلة المقبلة ـ أن تنضم إلى مرصد "ليجو" مجموعة أخرى من أجهزة قياس التداخل، بحيث تشكل جميعها شبكة عالمية من المراصد المختصة برصد موجات الجاذبية. وستكون هذه الأجهزة ـ عند عملها مجتمعةً ـ قادرة على حساب أماكن ومسافات ظواهر الاندماج التي تقع في الكون، ومنها عمليات اندماج النجوم النيوترونية بشكل خاص، لأنها يجب أن تنتج أيضًا اندفاعات من أشعة جاما القصيرة وعالية الطاقة، التي بدورها ستساعد العلماء في تحديد أماكن المجرّات الأصلية التي نشأت فيها النجوم.

«مبدأ اختلاف المنظر النجمي مفيد في القياس، لكنه غير كاف في حالة المسافات الأبعد».

ويأمل الباحثون في أن يكونوا قادرين على استخدام المعلومات المستقاة من ظواهر الاندماج، كطريقة لحساب مسافات المجرّات المعروفة. وعلى اعتبار أن موجات الجاذبية هي أشبه ما تكون بالموجات الصوتية منها إلى الضوء، فقد أطلق علماء الفيزياء على هذه المعالم المحتملة اسم (صفارات الإنذار القياسية).

ولعلّ أحد أهم الاستخدامات الرئيسة للشموع القياسية للسوبرنوفا هو حساب معدَّل التوسع الحالي للكون. وهنا، يمكن لصفارات الإنذار القياسية توفير طريقة مستقلة لفعل ذلك. وإذا ما أضيفت أجهزة قياس التداخل الفضائية إلى شبكة المراصد الأرضية؛ فعندها يمكن استخدامها لتعقُّب الطاقة المظلمة، ورصدها.

حسنًا، فلنستمع إذن للنداء! ■

الصحة العقلية تستحق الاهتمام

بدأت تظهر الأمراض العقلية على الأجندة العالمية، ولكنْ ما زال هناك الكثير مما يجب عمله تجاهها.

مِنَ المفترَض أن يكون عام 2016 عامًا جيدًا بالنسبة إلى الصحة العقلية. ففي يومي 13 و14 إبريل الماضي، عَقدت منظمة الصحة العالمية "WHO" والبنك الدولي في واشنطن العاصمة مؤتمرًا مشتركًا غير مسبوق؛ لمناقشة الصحة العقلية من منظور كونها مرضًا عالميًّا، ومشكلة اقتصادية.

وتُعَدّ تلك بادرة إيجابية، بعد تجاهل دام طويلًا. فقد تم إقصاء قضية الأمراض العقلية من اجتماع الأمم المتحدة رفيع المستوى ذي الأهمية، الذي عُقد في عام 2011، وكان حول الأمراض غير المعدية. ولم تتحدث الأمم المتحدة عن الصحة العقلية، إلا باقتضاب، في مقدِّمتها عن الأمراض غير المعدية، عند وضعها لأهداف التنمية المستدامة لعام 2015. وإلى جانب حديثها عن ضرورة خفض معدلات الوفيات الناتجة عن الأمراض غير المعدية ـ مثل أمراض القلب ـ بمقدار الثلث، ذكرت أنه يجب على العالم كذلك "الارتقاء بالصحة العقلية، وجودة الحياة".

لقد أخفقت الأمم المتحدة في إدراك أنه بالنظر إلى مدى تأثيرها، فإن الاضطرابات العقلية تُحْدِث ـ على أقل تقدير ـ الأذى نفسه الذي تُحْدِثه الأمراض التي تحظى باعتراف أكبر، وتُرْصَد لعلاجها ميزانيات أكبر. وتمثِّل حالات الأمراض العقلية ما نسبته 37% من سنوات العمر الصحية التي تضيع سدى، بسبب الأمراض غير المُعدية، مما يعني متوسطات عُمْر أقصر، وفقدان القدرة على العمل بكفاءة. وتُرجم ذلك في صورة فاقد عالمي، قدره 2.5 تريليون دولار أمريكي في عام 2010، وهو رقم مرشَّح للزيادة، ليصل إلى 6 تريليونات دولار بحلول عام 2030 (انظر: go.nature.com/dfdkbh).

ويمكن القول ببساطة إن "الارتقاء" بالصحة العقلية ليس كافيًا.

ونادرًا ما تُولِي دولٌ متقدمة كثيرة الصحةَ العقلية اهتمامًا يتجاوز الوعود الكاذبة. ففي الولايات المتحدة ـ على سبيل المثال ـ لا يتم فتح هذا الملف، إلا عندما يقع حادث إطلاق نار جماعي، يحتدم بعده "الحديث" حول تَدَنِّي مستوى علاج الأمراض العقلية، وذلك لمجرد صرف الانتباه عن الجدل الدائر حول السيطرة على السلاح. ونادرًا ما يؤدي تسليط الضوء على القضية بهذه الصورة إلى رصد مخصَّصات مالية جديدة لأبحاث الصحة العقلية.

يقف وراءَ قِسْمٍ كبير من هذا التجاهل، التحيُّزُ المستمر ـ عن قصد، أو عن غير قصد ـ إلى الاعتقاد بأن أمراضًا عقلية كثيرة يسبِّبها إخفاقٌ أخلاقي، أكثر مما تسبِّبها عوامل بيولوجية معقدة، بالرغم من البراهين الساطعة المؤيِّدة للسبب الثاني. أما بالنسبة إلى البلاد الفقيرة، التي تعصف بها الأمراض المعدية وأمراض الطفولة، فإنّ حَصْر الأشخاص المصابين بأمراض عقلية يمكن أن يكون أكثر سهولة من محاولة علاجهم. كما يصعب الحصول على العلاج، وذلك على مستوى العالم كله. فعالميًّا، يوجد تسعة فقط من مقدِّمي الخدمة الصحية للأمراض العقلية لكل 100,000 نسمة، وفي بعض البلاد يقل هذا العدد، ليصل إلى واحد أو اثنين. وقد أُطلقت دعوة لاستراتيجية عالمية لمكافحة القصور في الرعاية الصحية في الدول النامية والمتقدمة، وذلك في تعليق نُشر في دورية *Nature* في شهر إبريل الماضي.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وحتى في البلاد المتقدمة، يجد الناس صعوبة في اعتبار الاكتئاب حالة مَرَضِيّة تتطلب العلاج، تمامًا كما تتطلَّبه أمراض القلب. ويزيد من تفاقم هذا الوضع، الإخفاقُ في تطوير عقاقير ذات فاعلية واضحة لعلاج الاكتئاب، تماثل فاعلية العقاقير المخفِّضة للكوليسترول "ستاتين". ومِن غير المحتمل أن يتغير ذلك في المستقبل القريب؛ فعلى أي حال.. يَرسِم علم الأعصاب صورة أكثر قتامة، بإظهاره مدى تعقُّد هذه الأمراض، إذ يوجد أكثر من 100 موضع جيني مرتبط بمرض الفصام، ويُحتمل أن يكون التوحُّد والاكتئاب أكثر تعقيدًا. ولمعالجة كل ذلك.. نحتاج إلى مقاربات جديدة تمامًا. وقد رَصَدَ تحقيقٌ في دورية *Nature* في شهر إبريل الماضي آخِر التطورات ـ التي لم يتم التثبُّت منها بعد ـ بخصوص جبهة جديدة، ألا وهي تطبيقات للهواتف المحمولة، يُفترض أنها تساعد المصابين باختلالات عقلية.

يهدف الأسبوع السنوي للتوعية بالأمراض العقلية في شهر أكتوبر المقبل إلى تعزيز الصحة العقلية، وهو ما تستهدفه مؤسسات كثيرة، تحمل على عاتقها القضاء على الوَصْم بما يُخزِي والتحيُّز، اللذَين يؤذيان المرضى، ويعوقان تَبَنِّي سياسات لصالحهم. هذا.. وتظل هناك حاجة إلى ضروريات كثيرة في مجال تحسين العلاج، وتيسير الحصول على الرعاية الصحية.

وتحتَّم على اجتماع وزراء المالية في شهر إبريل الماضي الاعتراف بأهمية المردود الاقتصادي للاستثمار في هذا الاتجاه. ويُتوقَّع من الأمم المتحدة، ومنظمة الصحة العالمية، والبنك الدولي، والحكومات الإسهام بحلول ملموسة لهذه القضية المُلحة. ومن الضروري الإشارة إلى أنه كان من الواجب على المشاركين في تلك القمة أن يخرجوا بخطط مُحْكَمة؛ لتحقيق أهداف تنموية محددة، وآليات لتمويل الأبحاث؛ لضمان توفُّر العلاج في البلاد الفقيرة، وأن يتحملوا المسؤولية الوطنية تجاه إعطاء الأمراض العقلية أولوية، لا تقل عن أولوية غيرها من الأمراض غير المعدية. ■

التهاون المتفشِّي

يوضِّح التفشِّي الأول للحُمَّى الصفراء منذ ما يقرب من 30 عامًا كيف أن الاستجابات للتهديدات الوبائية تقتصر على رد الفعل.

أعلنت منظمة الصحة العالمية "WHO" ـ في الأسبوع الأخير من مارس الماضي ـ أن وباء الإيبولا في غرب أفريقيا لم يعد يمثل حالة طوارئ فيما يخص الصحة العامة على المستوى العالمي، ولكنْ حذَّر الخبراء أيضًا من أنه ينبغي ألّا يحدث أيّ تراخ فيما يخص تطوير آليّات التأهب لمواجهة موجة تفشِّي الإيبولا التالية، بما في ذلك الكابوس المحتمَل، المتمثل في تفشِّي وباء في المدن الكبرى في أفريقيا.

وقد حذَّرت لجنة من خبراء الباحثين ـ استدعاها صندوق "وِيلْكَم"، الذي يتخذ من لندن مقرًّا له، و"مركز أبحاث وسياسات الأمراض المعدية" في جامعة مينيسوتا، مينيابولس ـ من أنه يتعين ألّا يُسمح بخَفْض الدعم المخصص لأبحاث لقاح الإيبولا. وعلى الرغم من تطور لقاح تجريبي ناجح ضد الإيبولا، لا يزال هناك الكثير من العمل الذي يتعين إنجازه، إذا كان من المزمع إعداد لقاحات آمنة وفعَّالة، بحيث تكون جاهزة بكميات وفيرة؛ للقضاء على حالات التفشِّي المستقبلية سريعًا في مهدها.

وقد حذَّر جيرمي فارار ـ مدير صندوق "وِيلْكَم" ـ بقوله: "بالرغم من أنّ معدلات الإصابة بعدوى الإيبولا أصبحت تحت السيطرة، هناك مخاوف كبيرة من ظهور حالة من التهاون، وتحوُّل الانتباه إلى تهديدات آنِيَّة أكثر من فيروس الإيبولا، وبالتالي يظل تطوُّر لقاح الإيبولا غير مكتمل". ولطالما تعثَّر العالَم فيما مضى بين وباء وآخَر، مخفِقًا في أن يستفيد من الدروس الماضية في مواجهة الوباء التالي. وقد استحوذت استجابات الطوارئ على أحدث تهديد يواجه البشرية على عناوين الصحف، واهتمام المشتغلين بمجال الأبحاث والسياسية، بيد أن هذا الاهتمام يخبو سريعًا.

وما الحُمَّى الصفراء ـ الفيروس الذي يقتل العديد ممن يُصابون به ـ إلا مثال على الإخفاق في الاستمرار في جهود التحكم في الفيروسات. وينتقل هذا الفيروس بواسطة بعوضة تُسمى *Aedes aegypt*، وهي بعوضة تأقلم على العيش في المناطق الحضرية. وقد بدأ تفشِّي الحُمَّى الصفراء في أنجولا ـ وكان أول ظهوره منذ 30 عامًا ـ في شهر ديسمبر الماضي. ومنذ ذلك الحين، انتشر داخل البلاد؛ مما أسفر عن إصابة 490 شخصًا على الأقل، ومقتل 198 شخصًا. وهو يهدد حاليًّا المنطقة بالكامل.

وقد بدأت حملات تطعيم جماعية، وبرامج موسعة؛ للتحكم في البعوضة المتسبِّبة في انتشار هذا المرض ـ الذي يمكن الوقاية منه بالتطعيم ـ في بداية أربعينات القرن العشرين. وفي أمريكا الشمالية ـ حيث كان المرض منتشرًا بشكل كبير ـ اختفت البعوضة تقريبًا من على الخريطة بحلول سبعينات القرن العشرين، بيد أن نجاح التحكم في انتشار البعوضة أدَّى إلى حالة من التهاون، وتقليص الاهتمام بالفيروس. ونتيجةً لذلك.. تنتشر البعوضة ـ في الوقت الحاضر ـ في أنحاء من القارة، تزيد بكثير عما كانت عليه قبل بدء محاربتها. كما أنها تستعيد نشاطها أيضًا في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية على مستوى العالم؛ مما يَنْتُج عنه حالات تفشٍّي متقطعة للحمى الصفراء في المناطق المعرضة للخطر. وإضافةً إلى ذلك.. أدَّت عودة البعوضة إلى حالات تفشٍّي واسعة في المناطق الحضرية لفيروسات حمى الضنك، وشيكونجونيا، وفيروس "زيكا" المنتشر في أيامنا هذه، مع إصابة عشرات الملايين من الأشخاص ـ على الأقل ـ بالعدوى.

وثمة قائمة طويلة بالفيروسات الأخرى التي حَمَلَتْها بعوضة *Aedes*، والتي تحملها حاليًّا حيوانات البراري فقط، بيد أن بعضًا من تلك الفيروسات ـ بما في ذلك الفيروسات التي يُحتمل أن تكون قاتلة ـ سيعمل على إرساء جذوره في المدن التي توجد فيها بعوضة *Aedes*. ومع الأخذ في الاعتبار حالات التضخم العمراني في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، تُعَدّ الكثافات البشرية وكثافات وجود بعوضة *Aedes* قنابل موقوتة. ويوضِّح الإخفاق في السيطرة على انتشار بعوضة *Aedes* الحاجة إلى الاستمرار ـ على المدى الطويل ـ في عرقلة تهديدات تفشِّي الأوبئة.

وقد استنفد تفشِّي وباء في أنجولا بالفعل مخزون الطوارئ الدولي، الذي يبلغ 6 ملايين جرعة مصل، مخلِّفًا من وراءه الجهات المعنية تتزاحم للحصول على أمصال إضافية من برامج التحصين المحلية. وقد أطلقت "منظمة الصحة العالمية" وهيئات دولية أخرى مبادرة الحُمَّى الصفراء في عام 2006؛ لإعادة إطلاق برامج التطعيم الجماعي ضد الفيروس، والتطعيم الروتيني في الدول الأفريقية، التي تُعَدّ عرضة للخطر بصورة أكبر، بيد أن مخزون اللقاح لا يزال غير كاف، كما أن ما يغطيه المصل في العديد من الدول الأفريقية لا يزال أقل مما ينبغي؛ مما يخلف العديد من الأشخاص عرضة للإصابة. وتكمن المشكلة ـ كما يروي أحد المسؤولين من ذوي الصلة بالمبادرة ـ في أن الحُمَّى الصفراء تُعَدّ "مرضًا منسِيًّا"؛ مما يُصَعِّب من جذب الاهتمام السياسي والتمويل المستمرَّيْن.

> **«لطالما تَعَثَّر العالَم فيما مضى بين وباء وآخَر، مخفِقًا في أنْ يستفيد من الدروس الماضية».**

وفي أعقاب تفشِّي وباء الإيبولا في غرب أفريقيا، مَهَّدَت زمرة من التقارير واللجان الطريقَ أمام حالة من الإجماع الواسع فيما يخص ما يلزم عمله لتحقيق استعداد وتأهب مستمرَّيْن ضد التهديدات الوبائية. ومن بين تلك الإجراءات: تعزيز أنظمة الصحة العامة، وقدرات الإشراف والتشخيص، وتدريب المشتغلين في مجال الصحة؛ للتعرف على حالات تفشِّي المرض؛ والاستجابة لها مبكرًا. وقد تم التعرف على نقاط الضعف في تلك المناطق، باعتبارها عوامل سمحت لِمَا كان تفشِّيًا صغيرًا لوباء الإيبولا بأنْ يخرج عن السيطرة.

ويُعَدّ من الأمور المهمة رَصْد الفيروسات في البراري، وتحقيق فَهْم أفضل لكيفية تأثير عوامل معينة ـ مثل اجتثاث الغابات، واصطياد حيوانات الأدغال؛ وأكل لحومها ـ على انتقال فيروسات الحيوانات إلى البشر. ولا بد أيضًا من التطوير الوقائي للعقاقير والأمصال المضادة للتهديدات الوبائية المحتمَلة.

وقد شَجَّع وباء الإيبولا على عقد مناقشات فعالة لجميع تلك النقاط، وللشكل أو الصورة التي ينبغي أن تتخذها أي مبادرات دولية جديدة، وكذلك الجهات التي يمكن أن تأتي منها الاستثمارات بمليارات الدولارات. وتكمن المخاطرة الكبيرة في أن يتلاشى وباء الإيبولا من الذاكرة، وألّا يتحقق الالتزام السياسي والتمويل اللازمَين بصورة مستمرة، وأن تتراجع الجهود المبذولة إلى نقطة البداية، وهو ما يتعين علينا ألّا نسمح بحدوثه. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp

ادعموا المجتمعات المحلية، التي تسهم في دراسة الأمراض


MANYEE LIEU

يرى **إجناسيو مينوس سان خوان** أن عدم استمرار مساعدة العائلات الفقيرة التي تسهم في الأبحاث التي تُجرى على داء هنتينجتون يؤدي إلى زرع الاستياء، وانعدام الثقة.

بعد عقود من الأبحاث، يجري حاليًّا اختبار علاج جيني لداء هنتينجتون في مرحلة التجارب الإكلينيكية. وتستهدف هذه الاختبارات التي ترعاها الشركة السويسرية للمستحضرات الدوائية "روش" Roche، وشركة "أيونيس" Ionis ـ ومقرها في الولايات المتحدة الأمريكية ـ الجين المسبِّب للمرض. وإذا نجح العلاج الجديد، فمن شأنه أن يوقف تطور هذا المرض الوراثي، وهو اضطراب تنكسي عصبي بغيض، يهاجم الدماغ في المقام الأول. وتتسبب طفرة جينية في الإصابة بمرض هنتينجتون، وتُنقل في نمط سائد، ومن ثم يكون احتمال وراثة الطفل لهذا المرض نسبته 50%، إذا كان أحد والديه يحمل نسخة واحدة من الجين المعيب.

قبل أن يُتاح تتابع الجينوم البشري، كانت دراسة مرض هنتينجتون قائمة على مساعدة أجيال من مواطني فنزويلا، حيث ينتشر هذا المرض بكثافة؛ فقد تبرعوا بعينات من الجلد، والدم، والسائل المنوي، حتى إنهم قدموا أعضاء من أجساد أقاربهم المتوفين وأطفالهم؛ ولكن ما الذي حصلت عليه هذه المجتمعات في مقابل كل هذه الإسهامات؟ فعلى الرغم من الجهود التي بذلتها العالمة الرائدة ومُناصِرة مرضى هنتينجتون، نانسي ويكسلير، التي أدارت الأبحاث التي أُجريت في منطقة ماراكايبو على مدار عقدين من الزمان، وأسست عيادة هناك، إلا أن المجتمعات المحلية لم تتلق إلا أقل فائدة يمكن أنْ تُذكَر من وراء الأبحاث التي أسهمت فيها، وربما لم تتلق شيئًا على الإطلاق. ونتيجة لسوء أداء الحكومات المحلية؛ عانت تلك المجتمعات من غياب فرصة تشخيص المرض والاستشارات الجينية، وكذلك من نقص الرعاية الصحية الملائمة، والحماية القانونية الكافية.

السؤال المطروح هنا هو: هل على المجتمع الطبي الحيوي مسؤولية أخلاقية، لضمان الدعم المستدام للأشخاص الذين كانوا جزءًا جوهريًّا من أبحاثه؟ أزعم أنها مسؤوليته. وكوني عالِمًا مكرِّسًا نفسه لعلاج داء هنتينجتون، أعاني بسبب معرفتي بأن الحياة التي يعيشها المصابون بهذا الداء حاليًّا ما هي إلا حياة بائسة، فلقد رأيت أناسًا ينبذهم أقاربهم ويهملونهم، ورأيت مرضى يجلسون وحدهم في غرف مظلمة تخلو من الدعم الصحي والاجتماعي، كما أنني قابلت أولاد هؤلاء المصابين الخائفين مما سيحدث لهم، ومن المؤسف أنني علمتُ بانتشار حالات الانتحار بين هذه الحالات.

جدير بالذكر أن بعض أكبر بؤر داء هنتينجتون في العالم تكمن في مدن ماراكايبو، ولا سيما في بارانكيتاس، وسان لويس، حيث إن ثلث العائلات هناك تقريبًا لديها تاريخ لهذا المرض. فإذا تجولتَ في شوارع هذه المدن المليئة بالأكواخ، ستجد مرضى تبدو عليهم أعراض هذا المرض في كل مكان. ولمن لا يعلم.. فأعدادهم مذهلة بالفعل، كما أن هناك الكثير من العائلات الأخرى التي تعاني من داء هنتينجتون، تعيش في ظروف مشابهة في أماكن أخرى في أمريكا اللاتينية، وتحديدًا في كولومبيا، والبرازيل، وبيرو.

كثير من الناس الذين قابلتهم هناك يحتقرون العلماء، ولا يثقون فيهم، فقد كانوا يتمنون ظهور علاجات لهم، وتوقعوا تَلَقِّي المساعدة، سواء بأدوية تخفف من الحالة، أم بتحسين حالتهم المعيشية، كما أنهم أرادوا ـ على أقل تقدير ـ أن يتم إبلاغهم بنتيجة وأثر الإسهامات التي قدّموها.

تنفصل الأبحاث ـ ولا سيما الأبحاث الأساسية ـ انفصالًا جوهريًّا عن الواقع الذي تحياه الفئات السكانية الضعيفة؛ ولكن هل هو أمر غير منطقي أن نتوقع أن يتحمل الباحثون والمعاهد التي يعملون بها مسؤولية ضمان الرعاية الملائمة للمتطوعين، ومستوى الحياة التي يعيشونها؟ ربما لا ينبغي إجراء دراسات على الفئات السكانية الضعيفة على الإطلاق، إلا إذا وُضعت خطة شاملة طويلة المدى بالتعاون مع المعاهد البحثية المعنِيّة، والحكومات المحلية والقومية.

الرعاة مسؤولون عن ضمان تَلَقِّي المتطوعين في الأبحاث ـ الذين ينتمون إلى الفئات السكانية الضعيفة ـ "أي تشخيص علاجي ملائم لهم، أو منتجات وقائية أو علاجية"، وذلك كحد أدنى، وفقًا لما حدده كل من مجلس المنظمات الدولية للعلوم الطبية، ومنظمة الصحة العالمية في عام 2002. وبالنسبة إلى الاختبارات الجارية في كولومبيا تحت رعاية شركة "روش"، وشركة "جينينتيك" Genentech ـ التابعة لها في كاليفورنيا ـ عن مرض الألزهايمر العائلي، فقد كفل الرعاة إتاحة الأدوية للمرضى المشاركين في هذه الدراسة، لكن ذلك غير كاف، فعلى رعاة اختبارات الأدوية دعم التنمية في المجتمع الأكبر أيضًا، حيث إنّ أكثر ما يُغْضِب الناس في بؤر تجمُّع مرضى هنتينجتون في أمريكا اللاتينية هو أنه حتى الآن لم تتوافر لهم الاختبارات الجينية التي يمكنها أن تخبرهم بما إذا كانوا هم أو أطفالهم سيصابون بالمرض، أم لا.

> هذه المجتمعات المحلية لم تتلق إلا **أقل فائدة** يمكن أنْ تُذكَر من وراء الأبحاث التي **أسهمت فيها.**

هنا، نستطيع القول إنه يمكن للعلماء تقديم أيدي المساعدة، حيث يستطيع المجتمع الطبي الحيوي أن يتكتل ويضغط على الحكومات المحلية؛ كي تقوم بتضمين داء هنتينجتون في بنود التشريعات المتعلقة بالاضطرابات النادرة، بما يضمن سهولة إتاحة الاختبارات والعلاجات، ومن ثم يتم تنفيذ هذه اللوائح بقوة القانون. وعلى الرغم من وجود إطار تشريعي ما بالفعل في بعض الدول المعنية، لكنه من الصعب الحصول على مثل هذه الاختبارات والعلاجات، ولا سيما بالنسبة إلى الفقراء.

يجب على الحكومات توفير اختبارات جينية مجانية للمُعَرَّضين لخطر الإصابة بالمرض، مع توفير الاستشارات الجينية والنفسية الملائمة لهم، وفَهْم حالاتهم المرضية وإدراكها، وذلك حتى في المجتمعات المحلية البعيدة. وبغرض أن تتمكن هذه الحكومات من إنجاز ذلك بكفاءة، فهي تحتاج إلى إحصاء سليم للمجتمعات التي تحتوي على حالات يُشتبه في إصابتها بداء هنتينجتون، لأن الهيئات الحكومية غير مُلِمَّة بالكثير من هذه المجتمعات.

بدون الدعم الملائم.. ستزيد حالات الإصابة بداء هنتينجتون في هذه المجتمعات؛ مما سيتسبب في مشكلة صحية عامة أشد سوءًا. ويمكن للحكومات تطوير برامج تنظيم أسرة فعّالة، تعمل على التعرف على حاملي الجين المسبِّب للمرض؛ بهدف الحدّ من انتشاره. وقد نجح مثل هذا النهج ـ على سبيل المثال ـ في تقليص الإصابة بمرض بيتا ثلاسيميا في جزيرة سردينيا الإيطالية. علمًا بأن داء هنتينجتون لا يؤثر إلا في بضع آلاف من الأشخاص في كل دولة، فذلك يجعل هناك فرصة لإحداث فارق حقيقي. ولا شك أن الأخبار الخاصة بإجراء الاختبارات الإكلينيكية على العلاج الجديد أخبار رائعة، ولكن لا يجب أبدًا أن ننسى ـ أو نتجاهل ـ احتياجات الأشخاص الذين جعلوا مثل هذا العلاج ممكنًا. ■

إجناسيو مينوس سان خوان نائب رئيس قسم الأحياء في "مؤسسة مبادرة علاج داء هنتينجتون" CHDI؛ ومؤسس مشروع "فاكتور إتش" Factor H، وهو مشروع يهدف إلى مساعدة المجتمعات المحلية التي تعاني من داء هنتينجتون في أمريكا اللاتينية.
البريد الإلكتروني: ignacio.munoz@chdifoundation.org

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/s7bzj2

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث


DANIELE FANELLI

دعوة إلى تأسيس نظام "تَرَاجُع ذاتي" للأخطاء غير المقصودة

يرى **دانييل فانيلِّي** أنه ينبغي على المذكرات توضيح ما إذا كان التراجع عن بحث ما جاء نتيجة سوء سلوك بحثي، أم خطأ فعليّ غير مقصود.

لم تكن أبدًا خاصية التصحيح الذاتي أكثر شيوعًا وغير مكافأة في الوقت ذاته كما هو الحال الآن؛ فالتقنيات الحديثة، وثقافة المشاركة، والشفافية، والنقد العلني، تمثل فرصة غير مسبوقة لتصفية السجلات العلمية من الادِّعاءات الزائفة، ولكن عملية التراجع عن المزاعم التي نُشرت بالفعل عملية نادرة ومؤلمة للغاية، فهناك أسباب قوية تدعو كافة الأطراف المعنية ألا تفعل ذلك، بدايةً من الجامعات والعلماء، حتى الناشرين. ولا تزال عمليات التراجع تعاقِب ـ عن غير قصد ـ كل مَنْ يشارك فيها، ولكن إذا أردنا أن نحقق الاستفادة القصوى من التصحيح الذاتي، فعلينا أن نحول الذم إلى مديح.

تُعَدّ آليّة التراجع آلية حديثة، فأول مذكرة سُجلت في قواعد البيانات عن التراجع كتبها باحثو دراسة عن تركيب الحمض النووي الريبي في عام 1966، وكانت بداية ممتازة، ولكن على الرغم من ذلك.. كان التراجع نادرًا للغاية حتى عشر سنوات مضت، فلم تتعدّ نسبة الدوريات التي كانت لديها سياسة تَرَاجُع أكثر من الخُمس، ولكن اليوم زادت هذه النسبة إلى ثلاثة أضعافها، حتى إن عدد المراجعات السنوية يقترب من 600 مراجعة.

وبرغم ذلك.. فعمليات التراجع التي نثق في كونها تعزو إلى أخطاء غير مقصودة لا تمثل إلا ما يقل عن 20% من إجمالي عمليات التراجع، وغالبًا ما تمثل مصدر إزعاج للباحثين وأزمات قانونية لمحرري الدوريات. ومن ثم، فرَفْض العلماء التراجع عن أعمالهم ليس بالأمر المفاجئ، حتى عندما يأتي هذا الرفض ممن يتحلى منهم بالأمانة وروح المبادرة، لأن لديهم الكثير ليخسروه، ويقلقوا عليه، مثل: الدراسات التي ألفوها، والوقت الذي قضوه فيها، وربما سُمْعتهم أيضًا.

وبرغم ذلك.. يمكننا تجنُّب الكثير من هذا الرفض للتراجع عن الأخطاء، إذا استطعنا أن نميِّز بسهولة بين التراجع "النزيه"، والتراجع "غير النزيه"، فعلى سبيل المثال.. عادة ما نستخدم أنا وزملائي في أبحاثنا عن سوء السلوك البحثي بعض المصطلحات فيما بيننا بشكل غير رسمي، مثل: "التراجع بِنِيَّة حسنة"، ولكن مثل هذه المصطلحات تحمل أحكامًا غير ملائمة للمذكرات الرسمية، ومن ثم، فاستخدام مصطلح أكثر حيادية ـ مثل "التراجع" ـ يمكن أن يحل مثل هذه المشكلة، ولكن ربما يكون الوقت قد تأخر على طرح كلمات جديدة في النظام العلمي.

هناك حل أكثر واقعية، وهو محاكاة الطريقة التي يَستخدِم بها باحثو القياسات المرجعية مصطلح "الاستشهاد الذاتي"، فجميع أنواع الاستشهاد تبدو من الظاهر سواء، وهي مصنفة على هذا الأساس في قواعد البيانات، ولكن الاستشهادات التي ينظمها الباحثون في أعمالهم تمثل فئة فرعية واضحة في حد ذاتها، وهي تتحدد بسهولة وموضوعية في أي تحليل، ويمكننا تطبيق الفكرة نفسها مع التراجع.

والخلاصة هي أنه ينبغي علينا ـ ببساطة ـ تعريف التراجع الذاتي على أنه أيّ "مذكرة تَرَاجُع" يوقِّع عليها كل الباحثين المشاركين في الدراسة المعنية، وهذه تُعتبر فئة طبيعية، يمكن لكل من الأكاديميين، والإداريين، والساسة، والصحفيين استخدامها، بدون إحداث أي التباس. وبالفعل، ما زال مِن المفترَض أن يوقِّع كل الباحثون على التراجع الذي يحدث نتيجة أخطاء غير مقصودة (وغالبية الدوريات تشترط ذلك، حتى تتفادى أيّ نزاعات قضائية)، ولكن على العكس من ذلك.. نجد أنه نادرًا ما يضع الباحثون المسؤولون عن سوء السلوك البحثي أسماءهم على مذكرات التراجع.

وكي نتجنب أي التباس، ينبغي أن تسمح سياسات الدوريات العلمية للباحثين بالتوقيع فقط على الدراسات المُتراجَع عنها، التي الْتَمَس الباحثون التراجع عنها بصورة تلقائية، لسبب يعزو إلى خطأ قابل للتوثيق. أمّا في كل الحالات الأخرى، فلا يجب توقيع مذكرات التراجع، وعلى أقل تقدير.. لا يجب توقيعها من الباحثين المعروف مسؤوليتهم عن سوء السلوك البحثي.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك مناقشة هذه المقالة مباشرة من خلال:
go.nature.com/jrxax2

وطالما تتضمن "مذكرات التراجع" في عنوانها قائمة بكل الباحثين الأصليين ـ وهو ما يحدث غالبًا ـ ستكون حالة هذه المذكرات واضحة في حد ذاتها بدون التباس. وإذا حدث نزاع قضائي في المحاكم بشأن سوء سلوك بحثي، كما يحدث كثيرًا الآن، يمكن للدوريات أن تعلِّق التراجع، وتُطْلِق تعبيرًا عاديًّا عن القلق، لحين تسوية الأمر.

ويجب اعتبار التراجع الذاتي منشورًا شرعيًّا، وعلى العلماء أن يعاملوه معاملة الدليل على النزاهة. وإذا حدث ذلك.. سيُقَدَّر التراجع الذاتي الذي تقوم به الدوريات الكبرى تقديرًا أرق مما هو عليه اليوم، لأن تراجعهم هذا يعني ضمنًا أنهم ضَحُّوا من أجل المصلحة العامة. أما عن العلماء الذين قاموا بسلوك بحثي سيئ، فلن يتمكنوا من الاستفادة من الأمر؛ وذلك لأنه يمكن للباحثين المشاركين معهم في الأبحاث ـ المؤاخَذين على إغفالهم لتلاعبٍ ما، عن غير قصد ـ إبداء تَرَاجُعهم إذا أرادوا ذلك، ولكنهم لن يتمكنوا من زعم كون هذا التراجع بمثابة تراجع ذاتي حقيقي حسن النية.

> رسالتنا المشتركة هي الحفاظ على **مصداقية** وجدارة محتوى **الكتابات العلمية.**

وقد يختلف البعض مع ذلك، قائلِين إنّ مثل هذه السياسة قد تحث الباحثين غير الشرفاء على طلب التراجع كخطوة احترازية، ومن ثم يحصلون على تقدير لا يستحقونه، بينما هم في حقيقة الأمر يتحاشون أيَّ دعاوى مستقبلية، ولكن ليس من المتوقع أن يمثل ذلك أزمة حقيقية، لأن التراجع الذاتي سيحتاج إلى تبرير الباحثين له، حيث سيكون عليهم تقديم الأدلة اللازمة على كَوْن الخطأ عن حُسْن نِيَّة. وحتى إذا اختلق بعض الباحثين أدلة لإخفاء تَلَاعُب ما؛ فلن يتمكَّنوا أبدًا من تبرئة أنفسهم في حال التراجع عن عديد من الأخطاء؛ حيث إن التوقيع على عملية أو عمليتين من التراجع الذاتي قد يكون وسامًا على صدر القائم بهذا التراجع، ولكن سحب العديد من الدراسات سيثير الشكوك، ويضع علامات استفهام على أعمال الباحث الذي يفعل ذلك، لكونها غير جديرة بالثقة. ومن ثم، لن يكون الباحثون كثيرو التراجع عن الدراسات التي ينشرونها مَحَطّ تقدير، بل مَحَطّ سخرية.

ومن ثم، فعلى أسوأ تقدير.. لن يستفيد من التراجع الذاتي سيئ النِّيَّة سوى الباحثين الذين تلاعبوا في ورقة علمية، أو ورقتين فقط، فهل تُعَدّ هذه أزمة؟ إنّ العلماء الذين يزيلون أعمالهم المعيبة من محتوى الكتابات العلمية يوفِّرون على المجتمع العلمي إهدار أبحاث وتكاليف على التحقيقات التي تُجرى حول سوء السلوك العلمي. ومن ثم، فمِن مصلحة الجميع تشجيعهم على فعل ذلك، بصرف النظر عن دوافع كل منهم.

إن العقاب وسيلة، وليس غاية في حد ذاته. وإذا كانت عاقبةُ المديح والجوائز نتائجَ أفضل؛ فلنستخدمهما، ولنقتنع بهذه النتائج. إنّ رسالتنا المشتركة هي الحفاظ على مصداقية وجدارة محتوى الكتابات العلمية. ولكي يتسنى لنا تحقيق ذلك، يجب أن نكون عمليين، لا مثاليين، فمثلًا، لن يكون من الخطأ اختيار عام، وجَعْله بمثابة "اليوبيل العلمي"، بحيث يسمح خلاله محرِّرو الدوريات للباحثين بالتراجع عن أوراقهم العلمية، بدون طلب تفسير. والنتيجة هي أن الكتابات العلمية سيتم تصفيتها مما يشوبها، وسنجد العلماء النادمين على زَلَّاتهم يُكَرَّمون، وأولئك الذين أخطأوا سيُمْنَحون فرصة ثانية؛ ومن ثم سيتجنبون أي إغراءات لتكرار ذلك في المستقبل. ■

دانييل فانيلِّي عالِم أبحاث أول في مركز أبحاث "Meta-Research Innovation Centre" بجامعة ستانفورد، كاليفورنيا.
البريد الإلكتروني: email@danielefanelli.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أضـواء على الأبحـاث مقتطفات من الأدبيات العلميـة

الهندسة الكيميائية

غاز العادم ينتج وقودًا سائلًا

يمكن تحويل غازات العادم التي تحتوي على ثاني أكسيد الكربون إلى وقود ديزل، وذلك بفضل بكتيريا وخميرة معدَّلة وراثيًّا.

فقد طوَّر جريجوري ستيفانوبولوس وزملاؤه ـ بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ عملية مكونة من مرحلتين، تستخدم مفاعلات حيوية؛ لإنتاج وقود سائل من مخاليط غازية تحتوي على ثاني أكسيد الكربون. تنطوي المرحلة الأولى على بكتيريا *Moorella thermoacetica*، التي تحول مخاليط ثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى ـ مثل أول أكسيد الكربون، أو الهيدروجين ـ إلى حمض الخليك. بعد ذلك، تحوِّل الخميرة المعدلة وراثيًّا، *Yarrowia lipolytica*، حمض الخليك إلى زيت يمكن تحويله إلى وقود ديزل باستخدام عمليات صناعية قائمة.

يقول الباحثون إنه يمكن استخدام هذه الطريقة، بعد إضفاء تحسينات لزيادة الكفاءة؛ لإنتاج وقود من غازات العوادم التي تنتجها المواقع الصناعية، مثل مصانع الصلب، ومحطات توليد الكهرباء التي تعمل بالفحم.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/bdb5 (2016)**

TAKAO ONOZATO/AFLO/GETTY

سلوك الحيوان

ترتيب التغريدات أساسي في نداءات الطيور

يستمد أحد أنواع الطيور عدة معان مختلفة من مجموعات متباينة من التغريدات، تمامًا كما يفهم البشر المعاني المعقدة من الكلمات المجتمِعة بطرق مختلفة.

فقد شغَّل توشيتاكا سوزوكي وزملاؤه ـ بجامعة الدراسات العليا للبحوث المتقدمة في هاياما، اليابان ـ تسجيلات لأربع تغريدات "أ، ب، ج، د" في ترتيبات مختلفة للعصفور الكبير الياباني (*Parus minor*، في الصورة)، الذي يَستخدم عادةً أكثر من عشر تغريدات مختلفة في نداءاته. دفع تشغيل تسجيل التغريدات "أ، ب، ج" الطيور إلى تفحُّص المكان أفقيًّا؛ بحثًا عن حيوانات مفترسة. وعند الاستماع إلى تغريدة "د" بشكل متكرر؛ اقتربت الطيور من مصدر النداءات. وأثارت النداءات "أ، ب، ج، د" نمطَي السلوك، لكن تشغيل "د، أ، ب، ج" نتجت عنه استجابة ضئيلة، أو معدومة.

يرى الباحثون أن ترتيب التغريدات يحدد المعنى، ويقولون إن هذا هو الدليل التجريبي الأول على "بناء تركيبي لجملة" لتفاهم حيوانات برية فيما بينها.

***Nature Commun.* 7, 10986 (2016)**

الإلكترونيات

جلد اصطناعي مطاط مضيء

طَوَّر باحثون ـ بإلهام من الأخطبوط ـ جلدًا اصطناعيًّا، يستجيب للضغوط، ويُصْدِر ضوءًا عندما يُمَطّ.

فقد صنع روب شيبرد وزملاؤه ـ



ROB KURCOBA/CORNELL

بجامعة كورنيل في إيثاكا، نيويورك ـ الجلد (**في الصورة**) عن طريق الجمع بين طبقات من هلاميات مائية شفافة، تحتوي على قطب كهربائي مع صفائح سيليكون مطاطة، مدمَج بها مختلف مركّبات كبريتيد الزنك. أضاف الباحثون مركّبات معدنية باعثة للضوء إلى كبريتيد الزنك، مما يجعله يصدر ألوانًا مختلفة عند الاستجابة لإثارة كهربائية. وقد لَفّ الباحثون المادة، وطَووها، ومَطّوها بمعدَّل يقرب من 500%، دون تعطيل انبعاث الضوء. وكلما مُطَّت المادة؛ كان الضوء أكثر سطوعًا.

أدمج الباحثون ألواحًا من مادّتهم في روبوت لين زاحف، مما أتاح لها التألق، كما تَمَوَّج الروبوت، وتَمَدَّد الجلد. وقد غَيَّر الضغطُ على المادة من السعة الكهربائية ـ الشحنة الكهربائية المخزَّنة ـ لها، ولذلك.. يقول الباحثون إن الجلد قد تكون له تطبيقات في مجال الروبوتات الحساسة لِلَّمْس.

***Science* 351, 1071–1074 (2016)**

السرطان

جين يعوق استجابة مقاومة للأورام

يعمل جين سرطان شائع جزئيًّا من خلال مساعدة الأورام على تجنب الخلايا المناعية. فقد درَس دين فيلشر وزملاؤه ـ بجامعة ستانفورد في ولاية كاليفورنيا ـ آثار *MYC*، الجين الذي يعبَّر عنه بإفراط في السرطان غالبًا، في نموذج فأر لنوع من سرطان الدم.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ووجد الباحثون أن ارتفاع مستويات التعبير عن *MYC* زادت إنتاج بروتينين، هما: PD-L1، وCD47، يساعدان الخلايا السرطانية على التخفي من الجهاز المناعي. وعندما ثبط *MYC*؛ انخفضت مستويات CD47، وPD-L1، وانخفض حجم الورم. وأظهرت بيانات أورام البشر وجود صلة قوية بين مستويات التعبير عن *MYC*، ومستويات إشارات تجنب الجهاز المناعي هذه.

يرى الباحثون أن الأشخاص الذين يعانون من السرطانات التي تعبِّر بإفراط عن *MYC* قد يستفيدون من العلاجات التي تعزز الهجوم المناعي ضد الأورام.

Science **http://doi.org/bc7p (2016)**

المناخ

أسوأ موجة جفاف منذ قرون

ربما كانت موجة الجفاف التي استمرت 15 عامًا في أجزاء من الشرق الأوسط، وانتهت في عام 2012، هي أسوأ موجة جفاف في المنطقة منذ 900 سنة.

فقد حلَّل بنيامين كوك وزملاؤه ـ بمعهد جودارد للدراسات الفضائية في نيويورك ـ أنماط حلقات الأشجار من عام 1100 إلى 2012؛ لتقدير تباين الجفاف في منطقة البحر الأبيض المتوسط. لقد حدثت في السابق موجات جفاف في الصيف، ذات حجم مماثل لتلك التي ضربت غرب البحر الأبيض المتوسط واليونان في العقود الأخيرة، لكنّ الباحثين وضعوا احتمالاً بأن جفاف ما بين عامي 1998-2012 في منطقة شرق البحر المتوسط ـ التي تُدعى بلاد الشام ـ كان الأكثر جفافًا منذ عام 1100 بنسبة 89%.

ويقول الباحثون إنه من المرجَّح أن يزيد تغير المناخ من خطر الجفاف في المنطقة، ومن المحتمل أن يُفَاقِم ذلك الخطرُ الاضطرابَ السياسي والاقتصادي والاجتماعي في مناطق الأزمات، مثل سوريا.

J. Geophys. Res.-Atmos. **http://doi.org/bcz2 (2016)**

MATTIAS LANAS

علم الجينوم

تعطيل الجينات قد لا يكون ضارًّا

قد لا يعاني الناس الذين يمتلكون جينات غير عاملة من مشكلات صحية بصورة دائمة. فقد عَيَّن ديفيد فان هيل ـ من جامعة الملكة ماري في لندن ـ وريتشارد دوربين ـ من معهد وِيلْكَم تراست سانجر في هينكستون بالمملكة المتحدة ـ وزملاؤهما تسلسل الجزء الذي يشفِّر البروتينات في الجينوم في أكثر من 3,000 شخص بالغ صحيح، يرتبط والدا كل منهم ارتباطًا وثيقًا (كانا قريبين من الدرجة الأولى، وذلك في كثير من الأحيان). ووجد الفريق أن 821 شخصًا امتلكوا مغايرات جينية نادرة، كان من المتوقَّع أن تتسبب في فقدان بعض الجينات لوظائفها. وعندما فحص الباحثون السجلات الصحية للمشاركين، لم يجد الباحثون صلة بين الجينات المتسبِّبة في فقدان الوظيفة، والآثار الاكلينيكية. وافتقرت إحدى الأمهات الحوامل إلى جين *PRDM9* الوظيفي، وهو ضروري للخصوبة في الفئران، لكنْ لم يكن لهذا الجين غير العامل أي تأثير على صحتها.

يقول الباحثون إن الجينات غير العاملة في البالغين قد لا تكون بالقَدْر ذاته للأهمية الإكلينيكية، كما كان يُعتقد سابقًا.

Science **http://doi.org/bc3x (2016)**

علم الفيروسات

فيروس "زيكا" يصيب خلايا المخ

يصيب فيروس "زيكا" الخلايا البشرية المزروعة في المختبر، التي تشبه تلك الموجودة في أدمغة الأجنة النامية، ويقتلها بسرعة.

ومع انتشار هذا المرض الآن في جميع أنحاء أمريكا اللاتينية، ومنطقة البحر الكاريبي، يتسابق الباحثون لفَهْم فيروس "زيكا"، وصلته المحتمَلة بصغر الرأس في الأجنة. فقد استحث هونج جون سونج، وجوو لى مينج ـ من جامعة جونز هوبكنز في بالتيمور، ميريلاند ـ جنبًا إلى جنب مع هينجلي تانج ـ من جامعة ولاية فلوريدا في تالاهاسي ـ وفريقهم البحثي، الخلايا الجذعية البشرية المعاد برمجتها؛ لتتطور إلى سلف خلايا عصبية، ثم أصابوها بفيروس "زيكا"، الذي تَضَاعَف بسرعة. وبعد ثلاثة أيام، قَتَلَ الفيروس ثلث الخلايا. وكانت الخلايا العصبية غير الناضجة أيضًا عرضة لفيروس "زيكا"، ولكن بدرجة أقل.

يقول الباحثون إن سلف الخلايا العصبية قد يُستخدم لدراسة الفيروس في المختبر، وتحديد العلاج.

Cell Stem Cell **http://doi.org/bc3w (2016)**

تغير المناخ

تحوُّل المناخ بالنسبة إلى الزراعة الأفريقية

ربما يضطر عديد من المزارعين في أفريقيا إلى تغيير المحاصيل التي يزرعونها في نهاية هذا القرن، بسبب تغيُّر المناخ، أمّا بالنسبة إلى معظم النباتات، فسوف تتأثر مناطق صغيرة فقط.

فقد قام جوليان راميرز فيليجاس وزملاؤه ـ بجامعة ليدز، المملكة المتحدة ـ بنمذجة مدى ملاءمة أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى لزراعة 9 محاصيل رئيسة في إطار سيناريوهات مناخية، ربما تشهد زيادات كبيرة نسبيًّا في درجات الحرارة في العالم، تتجاوز درجتين مئويتين، بحلول عام 2100. وبالنسبة إلى الذُّرة والموز، فسوف يصبح حوالي 30% من المنطقة غير الصالحة (للزراعة)، و60% من الأراضي غير المتاحة فيها زراعة الفاصوليا. أمّا بالنسبة إلى المحاصيل الستة الأخرى ـ بما في ذلك الكاسافا، والبطاطا ـ فسوف تقتصر المنطقة المتأثرة على جيوب صغيرة، أقل في مجموعها من 15%.

ويرى الباحثون أن بعض المزارعين سوف يتأقلمون مع تغيُّر المناخ في البداية، من خلال إدخال تحسينات على أساليب الزراعة، ولكنْ سوف يحتاجون بعد ذلك إلى التحول إلى محاصيل بديلة، أو إعادة التوطين.

Nature Clim. Change **http://dx.doi.org/10.1038/nclimate2947 (2016)**

علم الأعصاب

أحاسيس متبدِّلة عند القلق

قد لا تنطوي اضطرابات القلق على تغيرات إدراكية فحسب، ولكنْ تغيرات حسية أيضًا في الدماغ. فقد أشارت الدراسات الحديثة إلى أن الأشخاص المصابين بالقلق يستجيبون ـ بعد معرفة محفز سلبي ـ بشكل سلبي لمؤثرات مماثلة، لكنها محايدة، في أحيان أكثر من الأشخاص الأصحاء. فقد وجد روني باز وزملاؤه ـ بمعهد وايزمان للعلوم في رحوفوت، إسرائيل ـ أن الأفراد الذين يعانون من اضطرابات القلق يدركون هذه المحفزات أيضًا بدقة أقلّ مما يفعل الأشخاص الأصحاء. وبعد تعلُّم ربط نغمة ما، إما بربح أو خسارة مالية، طُلب من المشاركين أن يقرروا ما إذا كانت سلسلة من أصوات أخرى مطابقة للنغمات السابقة، أم كانت جديدة. ظن الناس الذين يعانون من اضطرابات القلق ـ مخطئين ـ أن نطاقًا أوسع من الترددات يمثل النغمات التي تعلموها، مقارنة بالأشخاص الأصحاء. وتحفِّز النغمات المتعلَّمة والأصوات القريبة منها نشاط دماغ، أَبْدَى تشابهًا أكبر في الأشخاص الذين يعانون من الاضطرابات من الأشخاص الأصحاء. كان هذا التأثير في القشرة السمعية للدماغ، وفي اللوزة، التي تعالج إشارات الخوف.

تشير النتائج إلى أن الأشخاص الذين يعانون من القلق قد يتبدل إدراكهم لبعض المحفزات، وفقًا لما قاله الباحثون.

Curr. Biol. **http://doi.org/bc3z (2016)**

الميكانيكا الحيوية

كيف تتزلج الخنافس الطائرة على الماء

تستغل خنفساء زنبق الماء خصائص السطح البيني، حيث يجتمع الماء والهواء، للتزلج بسرعة عبر سطح البرك.

فقد صَوَّر مانو براكاش وزملاؤه ـ بجامعة ستانفورد في ولاية كاليفورنيا ـ خنافس زنبق الماء (*Galerucella nymphaeae*، **في الصورة**) عند سرعة 3,000 لقطة في الثانية؛ لتوصيف آليات أسلوب طيران الحشرة غير المألوف على السطح ثنائي الأبعاد. ووجد الباحثون أن المخالب على سيقان الخنافس تظل مغمورة أثناء الطيران، وتثبت الحشرات على سطح الماء.

ومع إبقاء أربع أرجل من أرجلها الست على المياه، تستخدم الحشرات التوتر السطحي للسائل؛ لدعم وزن الجسم، والتحرك بواسطة رفرفة أجنحتها الخلفية، حيث تطوف على سطح الماء بسرعة تصل إلى نصف متر في الثانية. ومن شأن التحرك بشكل أسرع أن يجعلها تطير في الجو، لأن التموجات التي تنتجها في المياه ستحرر مراسيها.

J. Exp. Biol. **219, 752–766 (2016)**



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الجيولوجيا

الطقس الحار يحرِّر الصخور

قد يحدث انهيار صخري في التضاريس الحادة، بسبب الطقس الحار. فمن المعروف أن هَطْل الأمطار، ووقوع الزلازل، وحدوث دورات التجمد والذوبان.. كلها تزيد من خطر الانهيار الصخري، لكنْ قد يحدث انهيار، ليس له سبب معروف. فقد ثَبَّت بريان كولينز ـ من هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية في مينلو بارك بولاية كاليفورنيا ـ وجريج ستوك ـ من إدارة الحدائق الوطنية الأمريكية في إل بورتال، كاليفورنيا ـ "مقاييس صدوع" في هاوية، ارتفاعها 500 متر، في منتزه يوسيميتي الوطني بكاليفورنيا.

وَجَد الباحثون أن صدعًا وراء لوح صخري في الهاوية اتسع كل يوم عندما تمددت الصخرة في الحرارة، وانغلق ليلًا. كان الصدع أوسع أيضًا خلال فصل الصيف منه في الشتاء. وعلى مدار 3 سنوات ونصف السنة، اتسع الصدع بشكل ثابت. ويقول الباحثون إن هذه الألواح الصخرية قد تنهار في نهاية المطاف، حتى من دون ضغوط، كالزلازل، أو الأمطار الغزيرة.

وتشير الدراسة إلى أنه مِن المرجَّح أن تشهد فترات ما بعد الظهيرة الحارة في الصيف مثل هذا الانهيار الصخري، وهو ما يطابق السجلات في يوسيميتي، وأماكن أخرى في أنحاء العالم.

***Nature Geosci*. http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2686 (2016)**

علم الفيروسات

تكيُّف الفيروس مع البعوض

قد تَفقِد قِلة من الفيروسات التي تنتقل بواسطة الحشرات جزءًا من حيويتها أثناء فترة بقائها في البعوض، قبل انتقالها إلى الجسم المضيف من ذوي الفقاريات. فقد أصاب جريجوري إيبل وزملاؤه ـ بجامعة ولاية كولورادو في فورت كولينز ـ أربعة أنواع من البعوض (من بينها بعوضة الزاعجة المصرية *Aedes aegypti*، **في الصورة**) بفيروس غرب النيل، الذي ينتقل من البعوض إلى الطيور، والعكس. وبعد مرور أربعة عشر يومًا، عزلوا الفيروس من لعاب البعوض وأعضائه ثم حللوا تسلسل المادة الوراثية "آر إن إيه" للفيروس. واكتشفوا أن الفيروس الذي عزلوه من أنواع البعوض المختلفة اكتسب مجموعات مختلفة من الطفرات. وعندما وضعوا الفيروس بعد ذلك في خلايا طيرية اكتشفوا أن هذه الطفرات جعلت قدرة الفيروس على البقاء حيًّا أكثر صعوبة، مما يشير إلى أنه تَكَيَّف ليعيش في البعوض. يقول الباحثون إن هذه الاكتشافات ربما تساعد على فَهْم كيفية انتشار الفيروسات التي تنتقل بواسطة الحشرات.

***Cell Host Microbe* http://doi.org/bdxr (2016)**



JAMES GATHANY/CDC

REX LISMAN/GETTY

سلوك الحيوان

الثعابين تهجِم بسرعة فائقة

تستطيع كل من الثعابين السامة وغير السامة الهجوم بسرعة أكبر من ردّ فعل الفريسة من الثدييات، أو الحيوانات المفترسة.

فقد حلَّل ديفيد بيننج وزملاؤه ـ بجامعة لويزيانا في لافاييت ـ الهجمات الدفاعية لأفعى الجرذان غير السامة في تكساس (*Pantherophis obsoletus*)، ونوعين من الثعابين السامة: الأفاعي المائية الغربية (*Agkistrodon piscivorus leucostoma*، في الصورة)، والأفاعي الجرسية الغربية ماسية الظهر (*Crotalus atrox*). ووجد الباحثون أن تسارع جميع الثعابين يتجاوز 160 مترًا في الثانية المربعة (ms^{-2})، وتصل إلى سرعة تداني 3 أمتار في الثانية الواحدة. يتيح هذا للحيوانات تغطية مسافات تتراوح ـ بمقياس السنتيمتر ـ بين 13.6، و16.7 في المتوسط فيما بين 66 ـ 74 ملِّي ثانية.

كانت أعلى زيادات السرعة المسجَّلة من 300 متر في الثانية المربعة تقريبًا لأفعى الجرذان وأفعى الجرس تقترب من 10 أضعاف سرعة محاولة الأرانب البرية الفرار.

***Biol. Lett*. 12, 20160011 (2016)**

طب

تصنيع الدواء عند الطلب

بإمكان آلة في حجم الثلاجة أن تنتج العديد من الأدوية بجودة عالية عند الطلب في غضون ساعات، وقد تزيد من مقاومة سلاسل توريد الأدوية لاحتمالات العرقلة. فقد طَوَّر كلافس ينسن وزملاؤه ـ بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في كمبريدج ـ آلة تستطيع تصنيع مئات ـ بل آلاف ـ الجرعات لأربعة أدوية شائعة الاستخدام، هي الديازيبام، والدايفينهايدرامين، والفلوكسيتين، والليدوكايين. يستطيع نظام "التوصيل والتشغيل" الذي وضعوه إجراء خطوات متعددة لصناعة الدواء من خامات تجارية أولية، ويستطيع أيضًا تنقية المركّبات الناتجة، وبلورتها؛ لتصل إلى المنتَج النهائي القابل للاستخدام.

إنّ آلة مثل تلك تستطيع في يوم من الأيام أن توفر طلبات الإنتاج عند الطلب للمستشفيات، وعمليات الإغاثة الإنسانية، والأبحاث الصيدلية.

***Science* 352, 61–67 (2016)**

علم الكواكب

نظرة خاطفة على تضاريس بلوتو الغنية

كشفت البيانات التي جمعها مسبار "نيو هورايزونز" ـ التابع لوكالة "ناسا" ـ إبان مروره بكوكب بلوتو في العام الماضي عن مدى نشاط بلوتو جيولوجيًّا، وأن قمره شارون كان نشطًا في الماضي، ولكنه خامد الآن.

فقد أخبر جيفري مور وزملاؤه بمركز أبحاث "إيمز" ـ التابع لوكالة "ناسا" ـ في موفيت فيلد بولاية كاليفورنيا عن وجود حوض ضخم، مساحته 870 ألف كيلومتر مربع على سطح بلوتو،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ويحتوي على طبقات جليد متحركة. يبلغ عمر الحوض حوالي 10 ملايين سنة على أكثر تقدير، ومن المرجح أنه ما زال نشطًا. ويبدو أن عمر الفوهات البركانية القديمة في أماكن أخرى على كوكب بلوتو يصل إلى 4 مليارات سنة، وتظهر أدلة على حركات تكتونية، وتدفق أنهار جليدية. وعلى النقيض من ذلك.. يُعَدّ شارون غير نشط، على الرغم مما يبدو أنه شهد نشاطًا بركانيًّا كثيفًا منذ حوالي 4 مليارات سنة.

وفي بحث آخر، أخبر وليام جرندي وفريقه البحثي ـ من مرصد لويل في فلاجستاف، أريزونا ـ أن ثلوج غاز الميثان وأول أكسيد الكربون والنيتروجين تسامي، وتتكثف، وتتدفق على سطح بلوتو.

Science **http://doi.org/bdg8; http://doi.org/bdg9 (2016)**

علم البيئة

مبيدات تغيِّر سبل بَحْث النحل عن الغذاء

يُعَدّ النحل الطنان ـ الذي تعرَّض لمبيدات نيونيكوتينويد الحشرية ـ أبطأ في معرفة أفضل السبل لجمع حبوب اللقاح من الأزهار البرية من نظرائه غير المعرَّضين للمبيدات.

تُستخدم مركبات نيونيكوتينويد كمبيدات حشرية على نطاق واسع، وتم تقييد تطبيقها في بعض البلدان، بسبب تأثيرها السلبي على النحل. ولدراسة آثار المواد الكيميائية على سبل بحث النحل عن الغذاء، لاحظت دارا ستانلي ـ من كلية رويال هولواي، جامعة لندن في إيجام، المملكة المتحدة ـ ونايجل رين ـ من جامعة جيلف، كندا ـ نحلًا طنَّانًا فرديًّا (*Bombus terrestris*)، بينما طافت الحشرات على نوعين من الزهور البرية. أطلقت مستعمرات النحل التي أُعطيت جرعات من مركّب نيونيكوتينويد ثيامثوكسام المزيد من النحل الجامع للغذاء، وجَمَع هذا النحل حبوب لقاح لعدد مرات أكثر مما فعل نحل المراقبة، لكن النحل غير المُعَرَّض احتاج عدد زيارات أقل للزهور؛ لمعرفة كيفية جمع حبوب اللقاح بشكل فعال.

تشير النتائج إلى أن التعرض البيئي لهذا المبيد الحشري بمستويات لا تُعَدّ قاتلة يغيِّر ـ على الأرجح ـ مدى إجادة النحل لجمع الغذاء والتلقيح في البرية، وفقًا لما ذكره الباحثون.

Funct. Ecol. **http://doi.org/bdn8 (2016)**

HONGRUI JIANG

علم الوراثة

جينات مرتبطة بخطر الإصابة بالسكري

ربط باحثون بين تبايُن في جينين، وكلٍّ من داء السكري من النوعين الأول والثاني في الفئران والبشر.

يحدث السكري من النوع الأول عندما يهاجم الجهاز المناعي خلايا بيتا المنتِجة للإنسولين في البنكرياس، بينما ينجم مرض السكري من النوع الثاني عن تغيرات أيضية، تجعل الخلايا مقاوِمة للإنسولين. وقد درس أدريان لِيستون وزملاؤه ـ بجامعة لوفان في بلجيكا ـ نموذج فأر لمرض السكري من النوع الأول؛ ووجدوا أن التباين في جينَي *Xrcc4* و*Glis3* يعزز السكري. وجعلت المغايرات خلايا بيتا عرضة لموت الخلايا المبرمَج والشيخوخة.

وأظهرت خلايا البنكرياس التي أُخذت من مرضى السكري من النوع الثاني انخفاضًا في التعبير عن بروتين GLIS3، مقارنةً بالخلايا الصحيحة. وكان التعبير عن XRCC4 طبيعيًّا، ولكنْ انخفضت مستويات شريك مهم لهذا البروتين. وتشير النتائج إلى وجود صلة آليّة بين نوعي مرض السكري.

Nature Genet. **http://doi.org/bdnd (2016)**

علم الأعصاب

محاولة النسيان تقمع ذكريات جديدة

يمكن أن يتداخل قَمْع الذكريات غير المرغوبة مع تكوين ذكريات جديدة. فقد طلب مايكل أندرسون وزملاؤه ـ بجامعة كمبريدج في المملكة المتحدة ـ من متطوعين تعلُّم أزواج من الكلمات، مثل: "مضخة"، و"نفط". وبعد ذلك.. لُقِّن المشاركون كلمة واحدة، وطُلب منهم إما تذكُّر الكلمة الأخرى من الزوج، أو عدم التفكير فيها عمدًا. وبيّن هذه التجارب، طالع الناس مشاهد مختلفة، وكان عليهم أن يتصوروا كيف وُجد الجسم في المشهد.

ووَجد الباحثون أنه بمقارنة عدم قَمْع الذاكرة، تذكَّر المشاركون بدقة هوية الجسم مرات أقل بنسبة 45%، إذا تم تقديم المشهد قبل تجارب قَمْع الذاكرة، أو بعدها بفترة وجيزة. وارتبط مدى تأثير النسيان بمقدار إضعاف نشاط الحصين خلال تجارب قَمْع الذاكرة. ويُذكر أن (الحُصَين) منطقة في الدماغ، تشارِك في معالجة الذاكرة.

ويرى الباحثون أنّ "ظِلّ فقدان الذاكرة" قد يساعد على تفسير غفلة الذاكرة، التي قد تعقب تجارب مؤلمة، عندما يحاول الناس قَمْع ذكريات معينة في حياتهم.

Nature Commun. **7, 11003 (2016)**

الهندسة

عين اصطناعية تبصر في الظلام

اخترع باحثون جهازًا يمكنه تحسين قدرة الكاميرات على التقاط الصور في الإضاءة الخافتة، مستلهمين في ذلك الاختراع عين سمكة غير عادية.

إن سمكة أنف الفيل (*Gnathonemus petersii*) شهيرة بإبصارها في الإضاءة المنخفضة، وبأن شبكية العين بها العديد من الكؤوس المجهرية العاكسة، التي تجمع الضوء. وقد صنع هونجروى جيانج وزملاؤه ـ بجامعة ويسكونسن ماديسون ـ مصفوفة من الكؤوس المجهرية من الزجاج، مبطَّنة بالألومنيوم العاكس. وعن طريق نقل الكؤوس إلى صفيحة مشدودة من بوليمر السيليكون، شكَّل الباحثون المصفوفة على هيئة قبة، تشبه شبكية العين (**في الصورة**). ركَّزت الكؤوسُ الضوءَ القادم، مما عَزَّز حساسية العين بأكثر من ثلاث مرات، مقارنة بالكاميرات التي لم تَستخدم هذا الجهاز.

تطمس التقنية الصورة قليلًا، ولذلك.. استخدم الفريق البحثي خوارزمية؛ لجعلها أكثر وضوحًا. وقد تعزِّز التقنية منخفضة التكلفة أجهزة الاستشعار الإلكترونية، التي تقترب من حدود حساسيتها، ويمكن أن يكون لها استخدامات في روبوتات الرؤية الليلية، والمناظير، والتليسكوبات، وفقًا لما أورده الباحثون.

Proc. Natl Acad. Sci. USA **http://doi.org/bdhc (2016)**

اختيـــار المجتمـــع

الأبحاث الأكثر قراءةً على مواقع التواصل الاجتماعي

مواجهات بين الثدييات في معركة "تويتر"

بينما كان مشجِّعو كرة السلة الأمريكية يهتفون في أنحاء البلاد لفريقي بادجرز، ووايلد كاتس في بطولة NCAA على مستوى الكليات في مارس الماضي، انصبّ اهتمام العلماء ومُحِبِّي الحيوانات على الباندا، والثور الأمريكي، وغيرهما من المقاتلين المُغَطَّين بالفرو في (مسابقة) جنون الثدييات. وضمَّت المنافسة ـ المقامة على "تويتر"، وينظمها أربعة علماء أحياء ـ معارك افتراضية، تقوم على نقاط القوة والضعف الواقعية للمتسابقين. وفي المعركة النهائية، التي جرت يوم 24 مارس الماضي، هَزم ذئبُ التندرا خنزير الغابات. ومنذ إطلاق هذه البطولة ـ التي تستمر شهرًا ـ في عام 2013، اجتذبت قاعدة حماسية من المشجعين الذين يحاولون التنبؤ بنتائج كل جولة، وتشجيع الحيوانات المفضلة لديهم أثناء مناقشة بيولوجيا الثدييات على الإنترنت. ولخَّصت لورا وينيكي ـ عالمة البيئة في جامعة أريزونا الشمالية في فلاجستاف ـ الدراما على "تويتر"، قائلة: "خلافا لمسابقة NCAA، يتمتع جنون الثدييات في مارس #2016MMM بجاذبية للأطفال من سن 3 سنوات، وعلماء الأحياء على حد سواء، فضلًا عن فتنة طاغية، وفضول كلي للمهووسين بهذه الأمور".

NATURE.COM
للاطلاع على المزيد من الأبحاث المُتَداوَلة.. انظر:
www.nature.com/cg6cxf

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأبحاث من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc



MAGNOLIA PICTURES/COURTESY EVERETT COLLECTION/REX/SHUTTERSTOCK

اقتراب موت الحوت القاتل الشهير

أُصيب "تيليكوم" ـ الحوت القاتل (*Orcinus orca*) بمتنزه "سي وورلد" في أورلاندو بولاية فلوريدا ـ بعدوى بكتيرية رئوية غير قابلة للعلاج، وذلك وفقًا لما أعلنه فريق الطب البيطري بالمتنزه. في فبراير من عام 2010، سَحَب "تيليكوم" مدربته داون برانكو إلى المسبح، وقتلها، كما أنه تورَّط في وفاة شخصين آخرين في التسعينات. وقد ذُكرت قصة احتجازه في الفيلم الوثائقي المثير للجدل، الذي أذيع في عام 2013، وهو فيلم "السمكة السوداء" *Blackfish*. اشترى متنزهُ سي وورلد "تيليكوم" في عام 1983، ويُعتقد أنه يبلغ من العمر 35 عامًا. ولا يزال متوسط عمر هذا النوع من السمك الموجود داخل الحجز ـ مقارنةً بمثيله في البرية ـ مثار جدل بين العلماء.

أحداث

صمت يسود الفضاء

في السادس والعشرين من مارس الماضي، فقدت وكالةُ استكشاف الفضاء اليابانية "جاكسا" الاتصالَ بقمرها الصناعي الفلكي الرئيس، الذي يعمل بالأشعة السينية "هيتومي"، والمعروف سابقًا بـ"أسترو-إتش". وهذا القمر ـ الذي أُطلق في السابع عشر من فبراير الماضي ـ كان يمر بمرحلة اختبارات أوَّلية وضبط معايير. ولا يزال موقف "هيتومي" غير معروف، إلا أن مهندسي "جاكسا" يعملون على استعادة الاتصال به. وقد أبلغ المركز الأمريكي لعمليات الفضاء المشتركة ـ المَعْنِيّ بتتبُّع المخلفات الفضائية ـ عن وجود خمسة أجسام بالقرب من القمر الصناعي في الوقت الذي توقفت فيه إشاراته، ووُصفت الأجسام بأنها قِطَع "حطام". وفي الثامن والعشرين من مارس الماضي، ذكرت تقارير غير مؤكدة أن هناك تليسكوبات رصدت القمر الصناعي وهو يتقلب. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/jlkhvg.

"جو" الصينية

أذاعت نشرة الأخبار الصينية التابعة للدولة أن فريقًا من علماء صينيين يعتزم تحدِّي خوارزمية برنامج الذكاء الاصطناعي الخاص بلعبة "جو" ـ التابع لشركة "جوجل ديب مايند" ـ ببرنامج من تصميم الفريق في نهاية العام الحالي 2016. وقد سبق أنْ فاز برنامج "ألفا جو" المعروف ـ التابع لشركة "ديب مايند" ـ على بطل اللعبة الكوري الجنوبي لي سيدول بنتيجة 4 مقابل 1 في مارس الماضي. وقدَّمت جريدة "شانجهاي سيكيوريتيز نيوز" تقريرًا في الحادي والثلاثين من مارس من موقع الحدث الذي نظمته "جمعية جو الصينية"، و"الجمعية الصينية للذكاء الاصطناعي"، ذكرت فيه أن الفريق الصيني سوف يُطْلِق تحدِّيه في نهاية العام الجاري.

حياة غامضة محتمَلة

شَرَعَ معهد "سيتي" SETI في ماونتن فيو بولاية كاليفورنيا في البحث عن إشارات من حضارات خارج كوكب الأرض، ربما تعيش على كواكب تدور حول أيٍّ من نجوم القزم الأحمر القريبة، البالغ عددها 20 ألف نجم. تتسم الأقزام الحمراء بكونها باهتة، وأكثر برودة من الشمس، ولكنها تشكل الجزء الأكبر من الكتلة النجمية في درب التبانة؛ مما يزيد من احتمالات العثور على حياة عليها. وقد أعلن المعهد ـ في الثلاثين من مارس الماضي ـ أن البحث الذي سيمتد لعامين سيجرى في مصفوفة تليسكوب "ألين" في شمالي كاليفورنيا.

تحذير "بريكسيت"

عالِم الفيزياء ستيفن هوكينج هو واحد من بين أكثر من 150 عالِمًا ورياضيًّا واقتصاديًّا ومهندسًا بجامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة ممن حذَّروا مِن تعرُّض العلوم الوطنية لكارثة محققَّة في حال خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي (وهو الإجراء المعروف بـ"بريكسيت")، حيث سيجرى استفتاء في الثالث والعشرين من يونيو المقبل على خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي. احتجَّت المجموعة في خطاب قدَّمَتْه ـ في العاشر من مارس الماضي ـ إلى جريدة "ذا تايمز"، ونسَّقه عالِم البروتينات آلان فيرشت، بأن حركة العمالة الحرة بين دول الاتحاد الأوروبي تسهم في توظيف الباحثين من ذوي الكفاءات العالية في المملكة المتحدة. ويُذكر أن جميع الموقِّعين على الخطاب حاصلون على زمالة الجمعية الملكية في لندن.

منشآت

إضافة شعاع الليزر

في الرابع من إبريل الماضي، بدأت أعمال الإنشاء بمشروع، تُقَدَّر تكلفته بمليار دولار أمريكي، لإضافة حزمة ليزر ثانية لمصدر الضوء المترابط للمسرع الخطي "LCLS"، وهو أقوى ليزر أشعة سينية حر الإلكترونات في العالم. ويُذكر أن المصدر الثاني لليزر LCLS-II، الذي سيجرى إنشاؤه في مختبر المسرع الوطني "سلاك" في مينلو بارك بولاية كاليفورنيا، سوف يسرع الإلكترونات خلال تجاويف النيوبيوم فائق التوصيل؛ لإنتاج نبضات أشعة سينية ذات تركيز أكبر بـ10,000 مرة، وأسرع بـ8,000 مرة من الأشعة السينية التي ينتجها المصدر الحالي LCLS، الذي يُقَدَّر بـ414 مليون دولار، والذي دخل الخدمة في عام 2009. إنّ ذلك سوف يتيح تصوير العمليات التي تجرى في نطاق أصغر، وبمعدل زمني أسرع. وسوف تستمر أعمال الإنشاء حتى أوائل عشرينات القرن الحالي.

منزل لجوائز "نوبل"

بحلول عام 2019، سوف يكون قد تم الانتهاء من بناء "مركز نوبل" فوق شبه جزيرة بلاسيهولمن في الساحل الأوسط بستوكهولم. وافقت لجنة التخطيط بالمدينة على الخطط المفصلة للموقع في السادس عشر

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

من مارس الماضي. وسوف يضم هذا المبنى ـ الذي تصل تكلفته إلى 1.2 مليار كرونة سويدية (146 مليون دولار أمريكي ـ متحف نوبل، وستقام به حفلات توزيع الجوائز القادمة. وسوف يفتح المركز أبوابه للزائرين والعلماء، والمشاريع البحثية المدمجة، والجهود التعليمية، والمؤتمرات، بالإضافة إلى احتوائه على مكتبة. يأتي ذلك في الوقت الذي لقي فيه المشروع انتقادات، بسبب الحجم الكبير للمبنى، وموقعه، حيث أثيرت مخاوف من أن يتسبب المشروع في إفساد الشكل المعماري لستوكهولم.

سياسات

نداء.. لإنقاذ النحل

يقول مكتب المساءلة الحكومية الأمريكي "GAO" إنّ الهيئات التنظيمية الأمريكية تحتاج إلى بذل المزيد من الجهود؛ لحماية النحل. طالَب "مكتبُ المساءلة الحكومية وزارةَ الزراعة الأمريكية" USDA ـ في تقرير نشره للجمهور في الحادي عشر من مارس الماضي ـ بزيادة السعي نحو العمل جنبًا إلى جنب مع هيئات أخرى؛ لحماية صحة النحل. يقول التقرير: "مع أنّ وزارة الزراعة الأمريكية كثفت الجهود المبذولة لمراقبة مستعمرات النحل، فهي لا تنسق عمليات مماثلة لرصد النحل البري المحلي". وأوصى التقرير بأن تقوم وكالة حماية البيئة بتحديد خلطات المبيدات الحشرية الأكثر شيوعًا في الاستخدام بين المزارعين.



شخصيات

وفاة أيقونة "إنتل"

أعلنت عملاق أشباه الموصِّلات "إنتل" ـ في الحادي والعشرين من مارس الماضي ـ عن وفاة رئيسها ومديرها التنفيذي الأسطوري، أندرو جروف، عن عمر يناهز التاسعة والسبعين عامًا. ويُذكر أن جروف (**في الصورة**) كان أول مهندس يعيِّنه مؤسِّس شركة "إنتل" في عام 1968. ولعب جروف بعد ذلك دورًا بارزًا في إدارة الشركة، التي يقع مقرها الرئيس في سانتا كلارا بولاية كاليفورنيا؛ مخفِّضًا أسعار رقائق الحاسب الآلي، ومعزِّزًا قدرتها بمعدل سريع. وقد نجا جروف ـ المولود لعائلة يهودية في المجر ـ من الهولوكوست، وفَرَّ في منتصف خمسينات القرن الماضي من الستار الحديدي، مهاجرًا إلى الولايات المتحدة الأمريكية.

أبحاث

التنقيب في الحفرة

بدأت في الأول من إبريل الماضي حملة، مدتها شهران؛ للتنقيب في حفرة تشيكسولوب، البالغ اتساعها 200 كيلومتر، وتكوَّنت منذ 66 مليون عام، عندما اصطدم كويكب ضخم بكوكب الأرض. قضى هذا الاصطدام على أغلب أشكال الحياة على سطح الأرض، بما فيها الديناصورات. وسيبدأ الباحثون من على متن سفينة حفر قبالة ساحل يوكاتان بالمكسيك في التغلغل في واحدة من أكثر الخصائص المثيرة للدهشة التي تميز حفرة تشيكسكولوب، وهي "حلقتها البارزة" المكونة من دائرة من الجبال داخل الحفرة. لم يفسِّر العلماء حتى الآن كيفية تكوُّن الحلقات البارزة بالتفصيل، مع أنها شائعة في الحفر الكبيرة الناتجة عن الاصطدامات في جميع أنحاء النظام الشمسي. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/pgxb18.

جسيم غامض بـLHC

زادت قليلًا قوة الإشارات التي تشير إلى وجود جسيم غامض بمصادم الهدرونات الكبير "LHC" بالقرب من جنيف بسويسرا. ففي ديسمبر الماضي، أعلن الفيزيائيون أنهم رأوا المزيد من الفوتونات الثنائية لأشعة جاما، التي ربما تدل على وجود جسيم غير موجود بالنموذج المعياري للفيزياء. وقد صدرت البيانات عن أكبر جهازي كشف بالمصادم، "أطلس"، و"سي إم إس". ويشير تحليل حديث ـ أُجري على البيانات، وعُرض في السابع عشر من مارس الماضي في مؤتمر عقد بمدينة ثويل بإيطاليا ـ إلى ارتفاع بسيط في الدلالة الإحصائية للإشارة التي رصدها الباحثون في تجربة "سي إم إس". وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/pbxwl2.

أعمال

قاعدة بيانات مجانية

يستطيع الباحثون والجمهور حاليًّا الولوج إلى قاعدة بيانات تَحْمِل المعلومات الوراثية لـ10,000 مريضة مجهولة مصابة بسرطان وراثي في الثدي، أو المبايض. أطلقت شركة "أمبري جينيتيكس" Ambry Genetics ـ وهي شركة متخصصة في الاختبارات الوراثية، مقرها في أليسو فيجو بكاليفورنيا ـ قاعدة البيانات المسماة "أمبري شير" AmbryShare في الثامن من مارس الماضي؛ مما جعلها أول شركة خاصة تتيح المعلومات الخاصة بعملائها مجانًا. ويمتلك معهد "برود إنستيتيوت" ـ التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفارد في كمبريدج بولاية ماساتشوستس ـ قاعدة بيانات، متاح الدخول إليها، بها ما يزيد على 60 ألف جينوم، جُمعت من الجمهور، إلا أن قاعدة بيانات "أمبري شير" تركز حاليًّا على أمراض محددة. وتأمل شركة "أمبري" في إصدار ما يصل إلى 200 ألف جينوم كل عام، مجمَّعة من أشخاص يعانون حالات مرضية متنوعة.

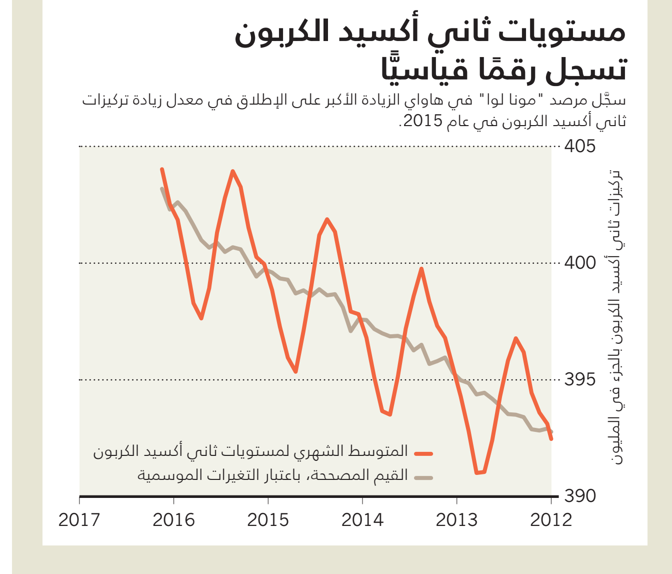
تعهُّد براءة الاختراع

أعلنت شركة المستحضرات الدوائية جلاكسوسميثكلاين "GSK" عن خطط لتحسين أساليب الوصول إلى منتجاتها من الأدوية في الدول الأكثر فقرًا في العالم، حيث أوضحت الشركة ـ في الواحد والثلاثين من مارس الماضي ـ أنها ستتوقف عن التقدم للحصول على براءات اختراع للأدوية في عديد من الدول النامية. يعني ذلك أن مصنِّعي الدواء في تلك الدول سيُسمح لهم بتوفير نُسَخ مقلَّدة من أدوية "جلاكسوسميثكلاين"، دون القلق من ملاحقتهم قضائيًّا. كما أشارت "جلاكسو" إلى أنها تعتزم تحسين فرص الوصول إلى الأدوية منخفضة التكلفة، التي يمكنها أن تساعد في تخفيف العبء المتزايد لمرض السرطان في الدول النامية. ورحَّب النشطاء المدافعون عن الصحة العامة بهذه الأنباء، وحثُّوا بقية شركات الأدوية على أن تحذو حذوها. وللاطلاع على المزيد.. انظر: go.nature.com/nqhggj.

ARABICEDITION.NATURE.COM
يمكنك متابعة التحديث الأسبوعي للأخبار من خلال التسجيل على:
go.nature.com/hntmqc

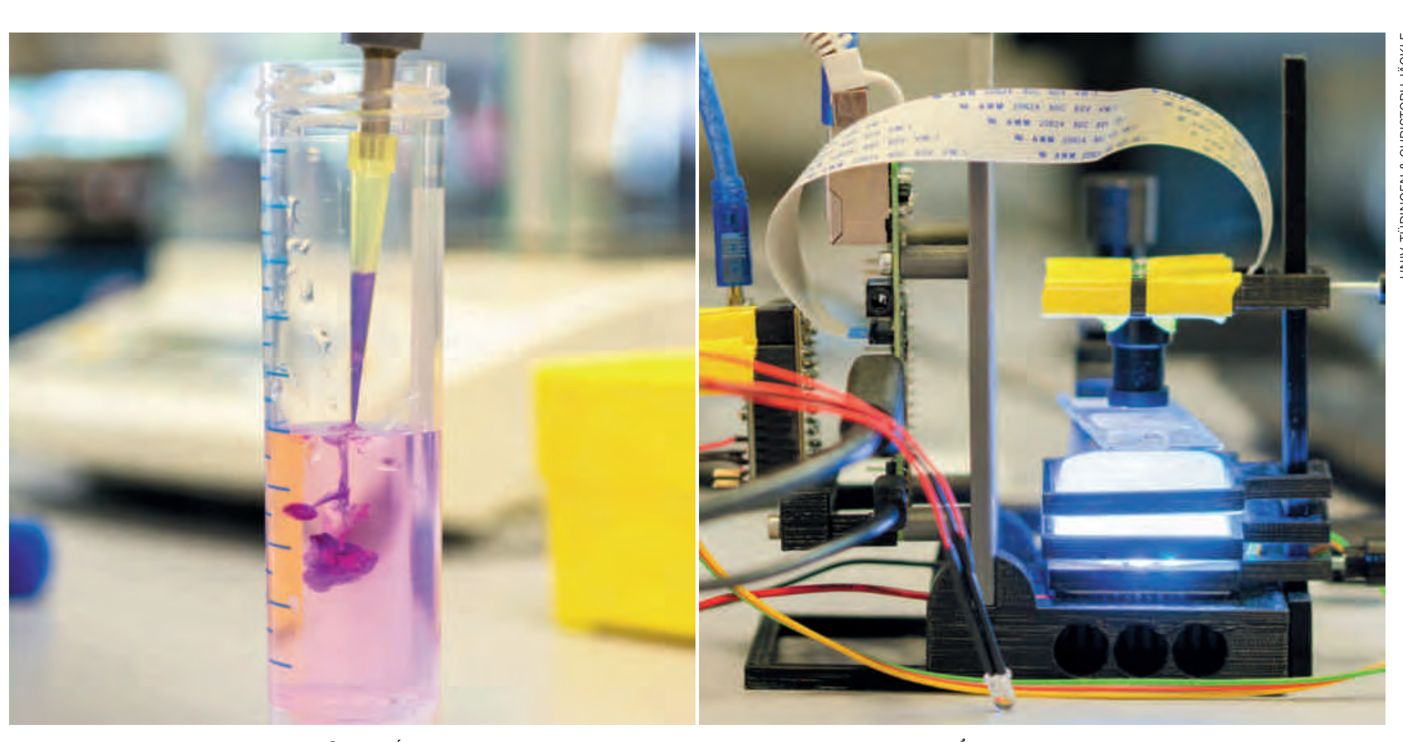
مراقبة الاتجاهات

ذكرت الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي أن مستوى ثاني أكسيد الكربون بالغلاف الجوي ارتفع عند مرصد "مونا لوا" في هاواي بمقدار 3.05 جزء في المليون في عام 2015، وهي أكبر زيادة سنوية حدثت منذ بدء التسجيلات من 56 عامًا. وبعد إجراء تصحيحات؛ لأخذ التقلبات الموسمية الناتجة عن دورات نمو النباتات في نصف الكرة الشمالي في الاعتبار، وُجد أن متوسط تركيز ثاني أكسيد الكربون في عام 2015 بلغ 400.83 جزء في المليون، بنسبة ارتفاع بلغت 43%، مقارنةً بمستوى ثاني أكسيد الكربون في عصر ما قبل الثورة الصناعية، الذي كان 280 جزءًا في المليون.



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أخبـــار في دائرة الضـوء



UNIV. TÜBINGEN & CHRISTOPH JÄCKLE

معدات مخبرية تصنعها بنفسك: فلاي باي FlyPi هو لوحة تحكُّم خاصة بالمجهر الضوئي مفتوح المصدر، وقابلة للطباعة ثلاثية الأبعاد (يمين)، وأنبوبة ماصّة دقيقة، قابلة للطباعة ثلاثية الأبعاد (يسار).

إدارة المختبرات

رُوَّاد «الأجهزة مفتوحة المصدر» يسعون إلى مختبرات منخفضة التكلفة

هناك مؤتمر يهدف إلى رفع مستوى الوعي بالمصادر المتاحة، المستخدَمة في تجهيز المختبرات.

إليزابيث جيبني

يَعرِف عددٌ قليل من العلماء أنه بدلًا من شراء أجهزة لمختبراتهم، يمكنهم ـ في كثير من الأحيان ـ صناعتها بتكلفة أقل بكثير، كما يمكنهم ضبطها وتخصيصها، بالاستعانة بتعليمات «الأجهزة المفتوحة المصدر» المتاحة مجانًا على الإنترنت.

ويأمل المتحمسون الخمسون الذين اجتمعوا في شهر مارس الماضي في مختبر فيزياء الجسيمات الأوروبي «سيرن» ـ بالقرب من جنيف بسويسرا ـ في معالجة نقص الوعي لدى الباحثين بالأجهزة العلمية مفتوحة المصدر. التقى هؤلاء في المؤتمر الأول المخصَّص للبحث في هذا الشأن، لاستعراض ومقارنة الإنجازات، ولرسم خريطة الطريق الهادفة إلى دعم التصنيع واسع الانتشار، ومشاركة الأجهزة المختبرية. يقول شانون دوسيماجن، أحد منظِّمي المؤتمر، والمدير التنفيذي لمجتمع علوم الهواة غير الهادف إلى الربح «ببلك لاب»: «نريد أن تصبح الأجهزة مفتوحة المصدر جزءًا طبيعيًّا من العملية العلمية». وقد قام أنصار الأجهزة المفتوحة (وهي تسمية جاءت على غرار «البرمجيات المفتوحة» في علم الحاسبات) بابتكار وإتاحة تصميمات مجانية على الإنترنت للعديد من أجهزة المختبرات، مستفيدين من تقنيات التصنيع، مثل الطابعات ثلاثية الأبعاد، وآلات القطع بالليزر، ومؤكدين أن مشاركة التصميمات وتطويعها لتلائم مستخدمين متعددين سيدفع بالتقدم العلمي إلى الأمام بخطوات واسعة، ولكن لا نستطيع القول إن فلسفة «اصنعها بنفسك، وأَشْرِك الجميع فيها» قد أصبحت سائدة بعد. يقول جوشوا بيرس، المهندس في جامعة متشيجان التقنية في هوتون: «أغلب العلماء لم ينخرطوا في الأمر بعد، وما زالوا ينتظرون». وقد نشر بيرس قبل عامين كتابًا موجَّهًا إلى العلماء، حول كيفية إنشاء مختبَر منخفض التكلفة.

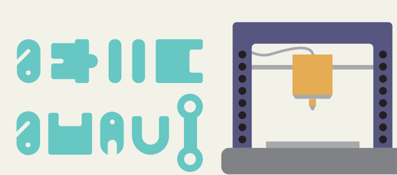
معدات مخبرية منخفضة التكلفة

تَعِد حركة الأجهزة مفتوحة المصدر الحالية بنجاحات علمية كبيرة، حسب قول جيني مولوي، المشارِكة في تنظيم المؤتمر، ومنسقة مركز «أوبن بلانْت» للأحياء النباتية التركيبية، في جامعة كمبريدج بالمملكة المتحدة. وقد سارع كل من مشروعات ◄

كيف تصنع مضخة حَقْن يتم التحكم فيها رقميًّا

يحتاج المختبر إلى مضخة حَقْن، لضخ السوائل بنسب ومقادير دقيقة، سواء عند تحضير الكواشف، أم زرع الخلايا في المستنبتات، أم غزل البوليمرات. اتبع خطوات *Nature* لتصنعها بنفسك.

1. اختر إحدى وصفات صناعة مضخة الحقن، من خلال الرابط: go.nature.com/slzvlh
2. قم بتنزيل ملفات الطباعة ثلاثية الأبعاد، واطبع نسخة من المكونات البلاستيكية.



3. اشترِ الأجزاء المتبقية، مثل لوحة التحكم راسبيري باي، وكابلات الإيثرنت، والمحركات، والمحامل، والقضبان، والمسامير.
4. إذا كان المفك السداسي والمثقاب جاهزَين؛ يمكن تجميع الحقنة في أقل من ساعة.
5. قم بتثبيت البرامج على راسبيري باي، ووصله بمحرك الحقن، واتصل بجهاز الكمبيوتر عبر «راوتر» لإجراء المعايرة.

راسبيري بي آي

راوتر لاسلكي

مضخة حَقْن

سعر المضخة مفتوحة المصدر: أقل من 100 دولار أمريكي للمضخة المفردة، وحوالي 150 دولارًا للثنائية.

سعر المضخة المحتكَرة: 1,500-250 دولار أمريكي للمضخة المفردة، و2,600-1,800 دولار للثنائية.

علوم الهواة، والكليات، والباحثين ممن لا يملكون المال اللازم لشراء المعدات باهظة الثمن، إلى تبنِّي فكرة الأجهزة المفتوحة. فعلى سبيل المثال.. في عام 2009، كان إرفان بريجاماديا عالِم الأحياء الدقيقة في جامعة جادجاه مادا في يوجياكرتا في إندونيسيا قادرًا على تزويد مختبره بالمجاهر وأوعية زراعة الأنسجة، بتكلفة أقل من 10% من سعرها التجاري، وذلك باستخدام تصميمات مفتوحة المصدر، تتيحها منصة إلكترونية لعلوم الحياة، تُدعى «هاكتيريا» Hackteria. تُتاح على شبكة الإنترنت مجموعة كبيرة من التصميمات الخاصة بمعدات المختبرات، بدءًا من أجهزة تضخيم الحمض النووي، التي تستخدم تقنية تفاعل البوليميريز المتسلسل PCR، وصولًا إلى المجاهر الفلورية. تقول مولوي إنه لا يتم تسجيل براءات اختراع للمبادئ الأساسية التي تعتمد عليها كثير من هذه المعدات، ما يعني نزاعات ملكية فكرية نادرة الحدوث. وعلى الرغم من أن تصنيع بعض الأجهزة (مثل مجاهر المسح النفقي) أعقد كثيرًا من أن يُجرى في المختبر، إلا أن بيرس يعتقد أنها ستصبح مفتوحة المصدر في نهاية المطاف. ويضيف قائلًا إنه نتيجة للمشاركة المفتوحة لهذه التصميمات الأولية، يمكن لأي شخص نقْدها وتحسينها، ومن ثم تكون نوعية المعدات جيدة على أقل تقدير، بل أفضل مما هو متاح تجاريًّا.

وبالنسبة إلى الباحثين، فإن إمكانية تطويع وتخصيص الأجهزة والمعدات هي أهم ما يميز التصميمات مفتوحة المصدر. ويعلِّق توبياس وينزيل طالب الدكتوراة في الفيزياء الحيوية في جامعة كمبريدج قائلًا: «إذا كان الجهاز مفتوح المصدر، يمكنني أن أكيِّفه وأصلحه. هذا هو الأهم بالنسبة لي».

ضمان الجودة

قد يُعزَى إحجام بقية العلماء عن تطبيق فكرة «اصنعها بنفسك» عمليًّا إلى تشكُّكهم في جودة وكفاءة الأجهزة المفتوحة، مقارنة بالأداء القياسي الموثوق فيه للمعدات التجارية. وقد نما إلى أسماع المشاركين في المؤتمر أنه غالبًا ما تكون الوثائق المرفقة مع التصميمات غير واضحة، أو غير كاملة، وهي تلك المستندات الهادفة إلى معايرة أداء المعدات، طبقًا للمواصفات القياسية، وشرح طريقة استخدامها. ويرى وينزيل أنه من الممكن أن يضع دليل المواصفات القياسية التوافقية، أو دليل الممارسات الأفضل قائمةً مرجعية؛ لضمان قيام المصممين بتلبية جميع المواصفات اللازمة. يقول بيرس عن تلك القائمة: «إنها بمثابة شيء يخبرك: إذا اتبعت هذا النهج؛ ستفلح، وستتمكن من تحقيق درجة عالية من الإتقان والدقة، وستقل الأخطاء».

تكمن المشكلة في أن عملية إتاحة كافة التفاصيل الخاصة بتصميم ما، بحيث يمكن لأي شخص الاستفادة منها، تستغرق وقتًا وجهدًا، لكنها لا تحظى بالتوثيق العلمي الكافي. «قد يكون من السهل أن تصنع شيئًا لاستخدامك البحث الشخصي، ولكن من الصعب أن تصنع تصميمًا يتمكن الآخرون من استنساخه بسهولة»، حسبما يقول ريان فوبيل، المهندس في جامعة تورنتو في كندا، الذي ساعد في تطوير رقاقة تُعرف باسم «دروب بوت» DropBot، تعمل بمثابة منصة مفتوحة المصدر، تُستخدَم في المختبرات الحيوية والكيميائية.

ولتحقيق هذا الهدف، ناقش الباحثون في مؤتمر جنيف طرقًا لتوثيق إسهامات مصممي التجهيزات المفتوحة. يحبِّذ البعض رؤية نظام توثيق للتصميمات، أو أن تَنشُر الدوريات العلمية مزيدًا من الأوراق البحثية التي تحوي ملخصات موجزة للتصميمات. وقد يساعد في هذا الإطار وجود مستودع مركزي للأجهزة العلمية المفتوحة؛ فعلى سبيل المثال.. تستضيف المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية أحد مستودعات الأجهزة الإلكترونية المفتوحة، وتمتلك معاهد الصحة الوطنية الأمريكية مستودعًا للطباعة ثلاثية الأبعاد، يضم قسمًا لأجهزة المختبرات، ولكن لا يوجد مستودع واحد يحتوي على كل شيء.

وقد لاحظ فرانسوا جري عالِم الفيزياء في جامعة جنيف، والمشارك في تنظيم المؤتمر، إنه نظرًا إلى عدم رغبة عديد من العلماء في تصنيع الأجهزة بأنفسهم، فإن انتشار الأجهزة مفتوحة المصدر، سيتطلب إسهامًا من المنظمات غير الهادفة إلى الربح، والشركات التي يمكنها توريد الأدوات. وتقوم فعليًّا شركات ـ مثل «أوبن ترونس» OpenTrons في بروكلين في نيويورك، المتخصصة في أنظمة الأنابيب الماصة الآلية ـ بتصميم معدات مختبرية مفتوحة المصدر، وبيع معدات جاهزة مصنَّعة بالاعتماد على تصميمات مفتوحة المصدر.

ويقول هافيير سيرانو إن إيجاد نموذج عمل متين من هذا النوع يمثل تحديًا، لأن مثل هذه الشركات ستضطر إلى إتاحة تصميماتها، دون مقابل. يعمل سيرانو مهندسًا في المنظمة الأوروبية للأبحاث النووية، وهو من أوائل مَن ساعدوا في اعتماد رخصة للأجهزة المختبرية المفتوحة، تسمح للمطوِّرين بالتأكد من توثيق ومشاركة جميع التعديلات المستقبلية.

ويعتقد بيرس أنه يمكن للشركات أن تحقق أرباحًا، عن طريق تقديم الدعم للأجهزة المفتوحة، أو عن طريق إجراء فحوص ضمان الجودة، واختبارات تدقيق، تسمح لها بتقديم ما يشبه شهادات ضمان لتلك المنتجات. وتقول مولوي إنه من الممكن أن يساعد تكرارُ قصص نجاح العلماء في هذا المجال في إقناع مؤسساتهم بأهمية التوسع في تصنيع الأجهزة مفتوحة المصدر، حتى لو اعتادت تسجيل براءات اختراع لمنتجاتها.

يقول بيرس إنه يحلم باليوم الذي سيتمكن فيه كل مقال علمي منشور من توجيه قرائه، ليس فقط إلى المناهج التجريبية، بل إلى كيفية صنع المعدات التي تتطلبها الدراسة. وليتحقق ذلك.. لا بد من تعاون المموِّلين. وتميل كبرى المنح المقدَّمة في هذا الإطار إلى تمويل شراء الأدوات، كل على حدة، ولكن بيرس يفضِّل أن تتجه الأموال إلى الأجهزة مفتوحة المصدر؛ ما سيؤدي ـ في رأيه ـ إلى خفض التكلفة، ورفع مستوى التصميمات بمرور الوقت. ■

علم الكون

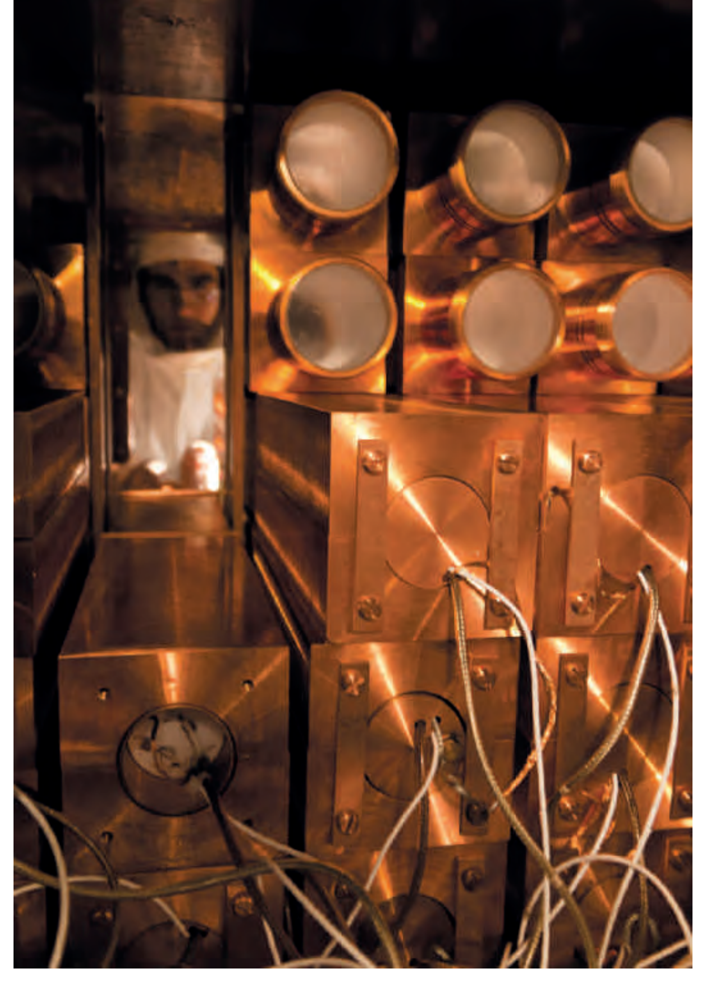
المادة المظلمة تواجه الاختبار الأخير

أخيرًا.. امتلكت الفِرَق البحثية ما تحتاجه لتكرار تجربة غامضة.

دافيديه كاستيلفيكي

أصبحت المادة المظلمة منذ اكتشافها مثل الفيل في الغرفة، فهو اكتشاف من الصعب تصديقه، ومن المستحيل تأكيده، أو تجاهله. لذلك.. تتأهب حاليًّا أربعة أجهزة سوف تَستخدِم الكاشف نفسه لتبدأ العمل معًا؛ للتحقق من هذا الادعاء. وفي غضون ثلاث سنوات، ستكون هذه التجارب قادرة على إما تأكيد وجود المادة المظلمة، أو الحكم باستبعاد هذا الادعاء كليًّا وإلى الأبد، كما يقول علماء الفيزياء الذين يقودون التجربة. ويقول فرانك كالابريس، من جامعة برينستون في ولاية نيو جيرسي، الذي يقود واحدة من هذه الجهود.. «المسألة في طريقها إلى الحل».

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



LINGS-INFN

يَستخدِم فريق «داما» البحثي يوديد الصوديوم الموجود في النحاس؛ للبحث عن المادة المظلمة.

وتعود قصة اكتشاف المادة المظلمة إلى تجربة «داما» DAMA البحثية، التي يقبع كاشفها في المختبر الواقع في أعماق منطقة جران ساسو ماسيف، شرقي روما. ولأكثر من عقد من الزمان، نُشرت أدلة[1] دامغة عن وجود المادة المظلمة، وهي مادة غير مرئية، يُعتقد أنها تربط المجرّات معًا من خلال تأثير جاذبيتها. وحاليًّا، سيبدأ أول كاشف جديد في العمل وتسجيل القياسات في غضون بضعة أسابيع من كوريا الجنوبية، وسيتبعه باقي الكواشف على مدى السنوات القليلة المقبلة في إسبانيا، وأستراليا، ومرة أخرى في جران ساسو. وستَستخدِم جميع الكواشف بلورات يوديد الصوديوم؛ لاكتشاف المادة المظلمة، الذي لم تتميز به سابقًا أي تجربة واسعة النطاق، سوى تجربة «داما».

ويمتلك العلماء أدلة قوية على وجود المادة المظلمة، ويتكهَّنون بأنها تتوافر على الأقل بمعدل خمسة أضعاف المادة العادية، لكن طبيعتها لا تزال لغزًا. وتقول الفرضية السائدة إن جزءًا منها يتكون من جسيمات ضخمة ضعيفة التفاعل، تُعرف اختصارًا بـ«ويمبس» WIMPs، وتصطدم عرضيًّا مع أنوية الذرات في محيط كرتنا الأرضية.

وقد كان متوقَّعًا لدى وقوع هذا الاصطدام أن تُصْدِر بلورات يوديد الصوديوم لتجربة «داما» ومضة ضوئية. وعلى الرغم من أن النشاط الإشعاعي الطبيعي يتسبب أيضًا في إصدار الومضات نفسها، إلا أن تجربة «داما» كشفت عن تلك الجسيمات الضخمة ضعيفة التفاعل لأول مرة في عام 1998، مستندةً إلى حقيقة أنّ عددًا من الومضات الناتجة يوميًّا قد اختلف مع الفصول.

وهذا هو المتوقع تكرار حدوثه مع جسيمات «ويمبس»، التي تمطر الأرض، بينما نتحرك في نظامنا الشمسي خلال هالة المادة المظلمة في مجرّة درب التبانة[2]. وبناء على هذا السيناريو، فإن عدد الجسيمات التي تعبر الأرض يجب أن يصل إلى ذروته عندما تصطف خطوط حركة مدارات كوكبنا مع الشمس في أوائل شهر يونيو المقبل، وبالتالي يجب أن يسجل أدنى مستوى له عندما تعمل حركتها ضد الشمس في أوائل ديسمبر المقبل، ولكن هناك مشكلة واحدة كبيرة، «فإذا كانت المادة المظلمة موجودة حقًّا، لكان أولى بتجارب أخرى عديدة أن ترصدها، وهو ما لم يحدث»، كما يقول توماس شفيتز- مانجولد، وهو باحث في الفيزياء النظرية في معهد كارلسروه للتكنولوجيا في ألمانيا. وفي الوقت نفسه، كل محاولات العثور على نقاط ضعف في تجربة «داما» ـ التي ربما تسببت في هذا الرصد، مثل تأثيرات بيئية لم تؤخذ في الاعتبار ـ باءت بالفشل. يقول كايكسوان ني من جامعة كاليفورنيا، سان دييجو، الذي يعمل على تجربة للمادة المظلمة تُسمى «زينون1 تي» XENON1T: «إن إشارة التضمين هناك، ولكن كيف يمكن تفسير تلك الإشارة، إنْ كانت من المادة المظلمة، أم من أي شيء آخر؟».

ولم تَستخدِم أي تجربة أخرى واسعة النطاق يوديد الصوديوم في كواشفها، على الرغم من أن تجربة كوريا الجنوبية للبحث عن الكتلة الخفية ـ التي تُعرف اختصارًا باسم «كيمس» KIMS ـ استخدمت يوديد السيزيوم، ولذلك.. يبقى احتمال أن المادة المظلمة تتفاعل مع الصوديوم بطريقة مختلفة عن العناصر الأخرى. «وحتى تحين اللحظة التي يُستخدم فيها كاشف مصنوع من المادة نفسها، لن يفتر اقتناعنا بأنه لا شيء هناك»، كما يقول خوان كولار من جامعة شيكاجو، إلينوي، الذي عمل على عديد من تجارب المادة المظلمة.

وقد وجدت مجموعات بحثية عديدة صعوبة في الحصول على بلورات يوديد الصوديوم بدرجة النقاء المطلوبة، حيث يمثل التلوث بالبوتاسيوم ـ الذي له نظير مشع طبيعيًّا ـ مشكلة واضحة، ولكن حاليًّا تم التغلب على هذه المشكلة، حيث حصلت ثلاث مجموعات بحثية تستهدف اصطياد المادة المظلمة (KIMS، وDM-Ice، وANAIS) ـ تدار الأولى والثانية «كيمس، ودي إم-آيس» من خلال جامعة ييل في نيو هيفن، كونيتيكت، بينما توجد الثالثة «آنيس» في جامعة سرقسطة، إسبانيا ـ على بلورات لها تقريبًا ضعف مستوى النشاط الإشعاعي الخلفي، مقارنةً ببلورات تجربة «داما»، مما يعني أنها على درجة كافية من النقاء لاختبار نتائجها.

وقد تعاونت الفرق البحثية لكل من «كيمس»، و«دي إم-آيس» في تشييد كاشف أيوديد الصوديوم في مختبر يانج يانج، الموجود تحت الأرض على بعد 160 كيلومترًا شرق سيول. ويَستخدِم هذا الجهاز مستشعر «فيتو نشط»، من شأنه فصل إشارة المادة المظلمة من ضجيج الخلفية بشكل أفضل مما تم في تجربة «داما»، كما يقول يونجدوك كيم، مدير مركز كوريا الجنوبية لفيزياء تحت الأرض في ديجون، الذي يدير الفريق البحثي «كيمس».

ويقوم الفريق البحثي «آنيس» ببناء كاشف مماثل في مختبر كانفرانك تحت الأرض في جبال البيرينيه الإسبانية. وسيكون لدى الفرق البحثية مجتمعةً حوالي 200 كجم من يوديد الصوديوم، كما أنها ستشترك في البيانات المجمَّعة. وهذا لا يختلف كثيرًا عمّا احتوت عليه تجربة «داما»، وهو 250 كجم، ولذا.. يمكنها التقاط عدد مماثل من جسيمات «ويمبس»، حسب توقعاتها. وعلى الرغم من أن الكواشف الحديثة ستحتوي على مستويات أعلى من ضجيج الخلفية، سيظل ممكنًا تأكيد أو نفي إشارة تجربة «داما» الهائلة، كما تقول رينا ماروياما من جامعة ييل، التي تقود الفريق البحثي «دي إم-آيس».

ويجادل كالابريس بأن درجة النقاء العالية أكثر أهمية من الكتلة، حيث طوَّر هو ومعاونوه تقنية لخفض التلوث، وأعلنوا في يناير الماضي أنهم كانوا أول مَن حصل على بلورات أنقى من تجربة «داما». ويتوقع أن يقلل مستويات ضجيج الخلفية إلى عُشْر ما انطوت عليه تجربة «داما».

هذا.. بالإضافة إلى مشروع «يوديد الصوديوم بفلترة خلفية نشطة»، المعروف اختصارًا باسم «سابر» SABRE، الذي سيضع كاشفًا في جران ساسو، وآخر في مختبر فيزياء ستاويل تحت الأرض، ويجري بناؤه في منجم للذهب في ولاية فيكتوريا بأستراليا. كما سيتم استخدام مكشاف في هذا المشروع؛ لالتقاط إشارة المادة المظلمة من الضجيج، وستكون له كتلة إجمالية، قدرها 50 كجم.

ويجب أن يَستكمِل مشروع «سابر» أبحاثه ومرحلة تطويره خلال سنة تقريبًا، ثم يبني كواشفه في أقرب وقت بعد ذلك، كما تقول كالابريس، ثم سيجعل تقنياته في متناول مختبرات أخرى، وهو الأمر الذي لم تفعله تجربة «داما». وفي ظل توافر كاشفين توأمين في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي، سيتضح ما إذا كانت الآثار البيئية هي التي تسببت في نتائج تجربة «داما»، أم لا. أما إذا كانت جسيمات «ويمبس» هي السبب، فينبغي أن يرصد الكاشفان الإشارة نفسها في الوقت ذاته.

وسيتوجب على تجربة «داما» الانتظار على الأقل حتى عام 2017، لإعلان أحدث نتائجها، كما تقول ريتا برنابي المتحدثة الرسمية للتجربة من جامعة روما تور فيرجاتا. وقد صرحت أنها لا تحبس أنفاسها بخصوص نتائج كواشف يوديد الصوديوم القادمة. وتستطرد قائلة: «تم التحقق بالفعل من النتائج التي توصلنا إليها في عدد لا يُحصى من الفحوص خلال 14 دورة سنوية، ولذلك.. ليس لدينا أي سبب لنتحمَّس لِمَا قد يقوم به الآخرون». وتضيف قائلة إنه إذا لم ترصد تلك التجارب ما تم التوصل إليه في تجربة «داما»، فهذا يعني أنهم لا يمتلكون مستوى الحساسية الكافي للرصد.

هل يمكن لتلك المجموعات البحثية أن تثبت صحة نتائج تجربة «داما»؟ «لم أكن مستعدًّا لتصديق نتائج تجربة «داما»، أو حتى أَخْذها على محمل الجد في البداية»، كما تقول كاثرين فريز، وهي باحثة نظرية في الفيزياء الفلكية في جامعة متشيجان في آن أربور، وكانت أول مَن اقترح مع زملائها تقنية التضمين الموسمية التي تستخدمها تجربة «داما»[2]. ويعود عدم تصديقها بشكل جزئي إلى عدم وجود أي تفسير آخر للإشارة المرصودة، لكنها حاليًّا أكثر أملًا. وتشير حقيقة أن الكثيرين حاولوا وفشلوا في تكرار تجربة «داما» إلى أنها ليست بالعمل اليسير، كما تقول إليزابيتا باربيريو من جامعة ملبورن، التي تقود الذراع الأسترالية لمشروع «سابر». وتعقِّب بقولها: «كلما أنظر إلى تجربتهم؛ أدرك أنها تمَّت بشكل جيد للغاية». ■

1. Bernabei, R. *et al. Eur. Phys. J. C* **73,** 2648 (2013).
2. Drukier, A. K., Freese, K. & Spergel, D. N. *Phys. Rev. D* **33,** 3495–3508 (1986).


KIM HONG-JI/TPX/REUTERS

لاعب «جو» المحترف لي سيدول (وسط) بعد هزيمته 4-1 من برنامج «ألفا جو»

الذكاء الاصطناعي

ما الخطـــوة التـــاليـــة لبــرنامج «جـــو».. بطـــل العـــالَم الجـــديد؟

من الممكن الاستعانة بأساليب برنامج «ألفا جو» في عدد كبير من المجالات، ولكن الخوض في استخدامات أخرى بخلاف الألعاب ينطوي على تحديات كبيرة

إليزابيث جيبني

عَقِب هزيمة واحد من أبرع لاعبيها، انضمت لعبة «جو» Go إلى القائمة المتنامية من المهام التي أصبحت أجهزة الحاسب تجيدها أفضل من البشر. ففي بطولة استمرت ستة أيام في سيول، وشاهدها ـ حسب التقارير الإخبارية ـ 100 مليون شخص حول العالم، نجح برنامج الحاسب «ألفا جو» AlphaGo ـ الذي طوَّرته شركة «ديب مايند» DeepMind، إحدى الشركات المملوكة لشركة «جوجل» ـ في هزيمة لاعب «جو» المخضرم لي سيدول في أربع جولات، مقابل جولة واحدة. وكانت لعبة «جو» ـ بحكم طبيعتها المعقدة المعتمِدة على الحدس البشري ـ واحدة من أكبر التحديات التي تواجه برامج الذكاء الاصطناعي. والسؤال الذي يطرح نفسه الآن: ما هي الخطوة التالية لمبرمجي «ديب مايند»؟.

يمكن تطبيق المنهج العام لبرنامج «ألفا جو» ـ الذي اكتسب معظمه بالتعلم مع إنشاء عناصر قليلة خصيصًا للعبة ـ على أي مهام تتطلب التعرف على الأنماط، واتخاذ القرار، والتخطيط، لكن المنهج نفسه ـ رغم ذلك ـ لا يزال محدودًا. وكما يقول يوشوا بينجيو، وهو عالِم حاسوب في جامعة مونتريال في كندا: «البرنامج مبهر حقًّا، لكن ما زال هناك الكثير من التحديات».

كان لي سيدول يتوقع الفوز باكتساح في بطولة «جوجل»، لكنه صُدم بخسارته. وفي أكتوبر الماضي، نجح برنامج «ألفا جو» في هزيمة البطل الأوروبي فان هوي، لكن نسخة البرنامج الذي فاز في سيول أقوى بكثير، كما يقول جوناثان شايفر، عالِم الحاسب في جامعة ألبرتا في إدمونتون، بكندا، الذي طوَّر برنامج «شينوك» Chinook الذي أتقن لعبة «الداما» في عام 2007. ويضيف قائلاً:

«لقد توقعتُ أن يَستخدِم فريق البرنامج المزيد من قدرات الحوسبة، والكثير من التعلم، غير أنني لم أتوقع أبدًا رؤية هذا المستوى المذهل من الأداء».

يُعزَى هذا التحسن في جانب كبير منه ـ على حد قول مايلز بروندج، عالِم الاجتماع في جامعة ولاية أريزونا في تيمبي، الذي يدرس اتجاهات الذكاء الاصطناعي ـ إلى أن أداء برنامج «ألفا جو» يتحسن باستمرار بكثرة الممارسة. فبِنْيَة البرنامج تستلهم تكوين المخ البشري المعروف باسم الشبكة العصبية، التي تقوى فيها الصلات بين الطبقات التي تحاكي الخلايا العصبية، استنادًا إلى التجربة، أو تكرار الخبرة. وقد تعلَّم البرنامج في البداية بدراسة 30 مليون خطوة أو نقلة في لعبة «جو» من الألعاب البشرية، ثم تَحَسَّن أداؤه باللعب مع نفسه مرارًا وتكرارًا، وهو أسلوب معروف باسم «التعلم التعزيزي»، ثم مزجت شركة

«ديب مايند» بين قدرة «ألفا جو» على التعرف على أنماط أو ترتيبات اللوحة مع خاصية «البحث الاستباقي»، التي يستكشف من خلالها عواقب الخطوات التالية، مستعينًا بذلك في انتقاء أفضل خطوة منها.

في الخطوة التالية، بإمكان شركة «ديب مايند» الاتجاه إلى المزيد من الألعاب. وقد نجحت الحاسبات في التفوق على البشر في أغلب الألعاب اللوحية التي توفر لكل اللاعبين كل المعلومات عن اللعبة، غير أن الآلات ما زالت لا تستطيع هزيمة البشر في لعبة «البوكر» متعددة الأطراف، على سبيل المثال، التي يرى فيها كل لاعب بطاقاته هو فقط. وقد عبَّر فريق المبرمجين في شركة «ديب مايند» عن اهتمامه بخوض لعبة «ستار كرافت» Starcraft، وهي لعبة استراتيجية من الخيال العلمي، واقترح شايفر أنْ تُطوِّر «ديب مايند» برنامجًا يتعلم الأنواع المختلفة للعبة من الصفر. وتتنافس هذه البرامج بالفعل سنويًّا في المسابقة الدولية للألعاب العامة، المخصَّصة للذكاء الاصطناعي من الفئة العامة. ويعتقد شايفر أن «ديب مايند» ستتفوق في المسابقة. وحسب قوله: «الأمر واضح للغاية، ولذا.. أثق في أنهم سيفكرون في الأمر».

ذكر ديميس هسابيس ـ مؤسِّس شركة «ديب مايند» ومديرها التنفيذي ـ في مؤتمر في فبراير الماضي احتمال تدريب نسخة من برنامج «ألفا جو» باستخدام اللعب الذاتي فقط، مع حذف المعرفة من ألعاب الخبراء البشريين. وقد أنشأت الشركة برنامجًا لتعلُّم الألعاب الأركادية الأقل تعقيدًا بهذه الطريقة في عام 2015. وكما يقول بينجيو، قد يستغرق البرنامج ـ بدون مساعدة مباشرة ـ وقتًا طويلًا في التعلم، وربما لا يستطيع أبدًا هزيمة أفضل لاعب بشري، لكنه يقول إنها خطوة مهمة، لأن البشر يتعلمون بأقل الإرشادات.

تخطِّط شركة «ديب مايند» ـ التي يوجد مقرها في لندن ـ كذلك لاستغلال خبراتها في مجالات أخرى، بجانب الألعاب. ففي فبراير الماضي، أنشأت الشركة قِسْمًا أسمته «ديب مايند للصحة» DeepMind Health، وبدأت التعاون مع هيئة الخدمات الصحية الوطنية في بريطانيا، إذ يمكن تطبيق خوارزميّاتها البرمجية في النهاية على البيانات الإكلينيكية؛ لتحسين التشخيص أو خطط العلاج. وتمثل هذه التطبيقات تحديات مختلفة عن الألعاب، من وجهة نظر أورين إيتزيوني، المدير التنفيذي لمعهد آلين للذكاء الاصطناعي في سياتل، واشنطن، فهو يرى أن «السمة العالمية في الألعاب أنك تستطيع جمْع كمية عشوائية من البيانات»، وبعدها يقوم البرنامج باستمرار بجمع الملاحظات حول الخطوات الناجحة والخطوات السيئة، من خلال ممارسة العديد من الألعاب، ولكنْ في عالَم الواقع المعقد ـ مثل الأمراض النادرة على سبيل المثال ـ قد تكون البيانات شحيحة، وحتى في الأمراض الشائعة، فإن تصنيف عواقب قرار ما بأنها «ناجحة» أو «فاشلة» قد لا يكون أمرًا سهلًا ومباشرًا.

يقول هسابيز إن خوارزميات «ديب مايند» قد تمنح البرامج الشخصية المساعدة في الهواتف الذكية فهْمًا أعمق لاحتياجات ومطالب المستخدمين. ويرى باحثو الذكاء الاصطناعي تشابهًا بين الحوار الإنساني والألعاب. ويقول بينجيو عن ذلك: «كل شخص يقوم بخطوة أو نقلة، ونحن نتعاقب الأدوار، وكل منا له هدف». ويحذِّر الباحثون ـ في الوقت نفسه ـ من أن التفاعل الإنساني قد ينطوي على قَدْر أكبر من الاحتمالات والشكوك.

يقول جويل بينو ـ عالِم الحاسوب في جامعة ماكجيل في مونتريال ـ إن شركة «ديب مايند» تمارس عملها بفضل «مزيج قوي للغاية» من الحريات التي لا يحظى بها في الغالب سوى الباحثين الأكاديميين، فضلًا عن الكوادر المتميزة والموارد الحاسوبية الضخمة التي تتمتع بها، باعتبارها إحدى شركات «جوجل». وقد أثار إنجازها في لعبة «جو» الجدلَ حول مستقبل الذكاء الاصطناعي المتنوع، الذي يمكن استخدامه في أغراض عامة. وحول ذلك.. يقول إتزيوني: «عقول الناس تقفز للأمام، ويقولون طالما استطاع البرنامج هزيمة بطل العالم؛ يمكنه إذَن أن يفعل أي شيء»، ولكن التعلم التعزيزي العميق لا يصلح للتطبيق، سوى في مجالات محددة. ويضيف: «ما زال أمامنا طريق طويل للغاية إلى الذكاء الاصطناعي العام».

إنّ ما تفعله «ديب مايند» ليس هو الطريق الوحيد لتطوير إمكانيات الذكاء الاصطناعي. فقد شارك جاري ماركوس ـ عالِم الأعصاب في جامعة نيويورك في نيويورك سيتي ـ في شركة بادئة، هي « جوميتريك إنتيليجانس» Geometric Intelligence؛ لاستكشاف أساليب التعلم التي تستنبط المعلومات من نماذج قليلة، محاكِيةً في ذلك أسلوب تعلُّم الأطفال. ففي حياته القصيرة، مارَس برنامج «ألفا جو» مئات الملايين من الألعاب، أيْ مارَس عددًا أكبر بكثير من المباريات التي لعبها «لي»، الذي ـ رغم ذلك ـ فاز بواحدة من المباريات الخمس ضد برنامج «ألفا جو». ويعلِّق ماركوس على ذلك بقوله: «من المذهل حقًّا قدرة الإنسان على توظيف كمية صغيرة من البيانات في التعرف على الأنماط ورَصْدها. على الأرجح.. البشر يتعلمون أسرع بكثير من الحاسبات». ■

تمويل

العَيِّنـات الحيـويـة في خطـر

توقُّف مفاجئ في تمويل «المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم»، قد يعرقِل مسيرة البحوث العلمية.

آنا ناوُجرودزكي

تضم خزانات المتحف الميداني في شيكاغو مجموعة من البيض، قادت إلى أحد أهم الاكتشافات المتعلقة بالحفظ في القرن العشرين، بعد أن عُرف من خلالها كيف تسبَّبت مبيدات «دي دي تي» DDT في فشل تعشيش الطيور الجارحة بشكل واسع النطاق.

وحاليًّا، فقدت تلك العيِّنات الثمينة ـ التي تُستخدم في التعرف على الأنواع، وتتبُّع الأمراض، ودراسة التغيرات المناخية ـ مصدرًا مهمًّا للدعم، إذ أعلنت المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم «NFS» ـ في السادس عشر من شهر مارس الماضي ـ أنها سوف تقوم بتعليق أحد برامج التمويل ـ الذي يدعم بقاء مجموعات العينات الحيوية البحثية ـ إلى أجل غير مسمّى؛ وستُبْقِي المؤسسة على المِنَح الحالية، لكنها لن تقبل أي طلبات جديدة للتمويل.

يقول كريستيان سِيدور، عالِم الحفريات القديمة بجامعة واشنطن في سياتل، وأمين في متحف «بيرك» Burke للتاريخ الطبيعي والثقافة، الموجود كذلك في سياتل: «إنه لأمر مفاجئ ومخيبٌ للآمال. لقد أثار الخبر أعصاب جميع مَن في المتحف».

يشعر سِيدور بالقلق، وكذلك كثيرٌ من الباحثين الآخرين.. فتلك المؤسسة هي إحدى مؤسسات التمويل العامة الوحيدة التي تقدِّم الدعم المالي؛ لاستمرار الحفاظ على العينات؛ إذ تقدِّم ما بين 3 ملايين و5 ملايين دولار أمريكي كل عام في صورة منح لدعم مثل هذه العيِّنات، ما يمثل حوالي 0.06% تقريبًا من ميزانية المؤسسة، التي بلغت 7.5 مليار دولار للعام المالي 2016.

وعلى الرغم من أن تعبير «العينات الحيوية» يستدعي في الأذهان صور أدراج مُتْرِبَة ومهجورة، إلا أنها تمثل مصدرًا مهمًّا للمعلومات العلمية، فعلى سبيل المثال.. جُمِعَ في شهر مارس الماضي عدد كبير من يرقات سَمَك من عينات نباتية كانت محفوظة تحت تقنية ضغط لمائة عام مضت. يقول سِيدور: «إن مجموعة السمك الخاصة بنا ـ على سبيل المثال ـ تستخدمها الإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي «NOAA» كمستودع لسمك المحيط الهادي الشمالي»؛ إذ تستخدم العينات التي يتم جمعها كل عام لتقييم مدى توافر السمك، ولتحديد حصص الصيد.

وتقول المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم إنها تقوم حاليًّا بتقييم برنامج تمويل العينات الحيوية؛ وهي لا تستطيع أن تقرِّر الآن ما إذا كان وقف التمويل سيكون دائمًا، أم مؤقتًا. يقول موريل بوستون، مدير قسم البنية التحتية الحيوية في المؤسسة: «سيعتمد الأمر على نتائج التقييم»، إلا أن ذلك لا يرضي العلماء. وقد تساءلت فيليسا سميث ـ وهي عالمة في مجال البيئة بجامعة نيو مكسيكو في ألبوكيرك ـ في تغريدة لها: «ما الذي يحدث؟» ثم أضافت: «إن العينات الحيوية هي حجر الأساس للكثير من العلوم المعاصرة». إن مقارنة النباتات أو الحيوانات الحديثة بالعينات المحفوظة يمكن أن تساعد العلماء في فَهْم كيفية تغيُّر المناخ، كما تقدم دليلًا على المدى التاريخي للأنواع؛ وهو ما يمكنه أن يوضح ما إذا كان أحد الأنواع يواجه خطرًا، أم لا، أو كان مهدَّدًا بالانقراض.

وتحاول متاحف عديدة القيام بترقيم العيِّنات الخاصة بها؛ لتسهيل الوصول إلى المعلومات، إلا أن باربرا ثيرز ـ مديرة مَعْشَبَة ويليام وليندا ستير بحديقة نيويورك النباتية ـ ترى أنه «ليست هناك جدوى من الترقيم، إن لم نعتنِ بالعينات نفسها». وتضيف: «بالطبع لا يمكنك الحصول على أيّ عيِّنَة حمض نووي من صورة فحسب». ■

تكنولوجيا

التطبيقـات الصحيـة على الهـواتف الذكيـة توفِّـر كميـات هائلـة من البيـانـات

برامج الهواتف الذكية تتيح للباحثين الاستعانة بأعداد كبيرة من المشاركين، ومتابعتهم بدقة.

إريكا تشيك هايدن

في الصيف الماضي، تساءلت إيفون شان ـ مديرة الصحة الرقمية في معهد إيكان لعلم الجينوم وعلم الأحياء متعدد النطاقات في «ماونت سيناي» بمدينة نيويورك ـ عن تأثير حرائق الغابات المشتعلة في ولاية واشنطن على المصابين بالربو، الذين قد يعانون من صعوبات في التنفس، بسبب الدخان والحرارة؛ فقررت تحليل البيانات التي جَمَعَها تطبيق الربو «أزما هيلث» Asthma Health على هواتف «الآيفون»، الذي يستخدمه الأشخاص المصابون بالربو كل يوم في تسجيل الأعراض ومثيرات المرض. ووجدت تشان أنه عندما اشتعلت الحرائق؛ قفزت أعراض الربو وحالات الإبلاغ عن مسبِّبات المرض بين المستخدمين الذين يعيشون بالقرب من الحرائق.

تقول شان: «مثل هذه التحليلات كان من المستحيل إجراؤها في السابق لاعتبارات لوجستية، لكنها الآن تفتح آفاقًا جديدة للبحث».

سَهَّلت تطبيقات الهواتف الذكية التي طَوَّرها الأكاديميون وشركات الأدوية وشركات التكنولوجيا العملاقة إجراء الدراسات الكبيرة التي تجمع البيانات بدقة، وفي الوقت المناسب حول أماكن الناس، وبيئتهم، وصحتهم. ففي مارس الماضي، على سبيل المثال، أطلقت شركة «أبل» أدوات برمجة البحوث «ريسيرش كِت» ResearchKit، التي استخدمها العلماء والشركات لتطوير تطبيقات «آيفون»، تستهدِف رصد أمراض محددة.



أكثر من 9000 شخص من المصابين بالربو يستخدمون تطبيقًا على الهواتف الذكية يوميًّا؛ لتسجيل الأعراض والمسبِّبات

بدأ الباحثون الآن فقط يحصلون على مجموعات البيانات التي جُمعت من الهواتف المحمولة، ولكن نطاق هذه البرامج ما زال يتسع: ففي 21 مارس الماضي، أعلنت شركة «أبل» أن تطبيقات «ريسيرش كِت» يمكنها الآن استيراد البيانات العامة للمستخدمين من شركة خدمات الاختبار الاستهلاكية «23 آند مي»، ومقرّها في «ماونتن فيو»، بولاية كاليفورنيا. وسيكون تطبيق الربو، وتطبيق آخر اسمه «ماي هارت كاونتس» MyHeartCounts لرصد أمراض القلب ـ وهو من تطوير جامعة ستانفورد في كاليفورنيا ـ من أوائل التطبيقات التي تتضمن بيانات "23 آند مي» الخاصة بالمستخدمين، بعد موافقة المشاركين على ذلك.

يقول عالِم الأعصاب جيمز بيك، نائب رئيس الشؤون العلمية في مؤسسة مرض باركنسون في مدينة نيويورك: «أهم ميزة قد نحصل عليها من هذه التطبيقات هي النطاق الضخم». وقد سَجَّل تطبيق «إم باور» mPower ـ وهو أحد تطبيقات «ريسيرش كِت» ـ أكثر من 6800 مشارك. وهذا الرقم يعادل 3 أضعاف المشاركين في آخِر دراسة كبيرة حول مرض باركنسون.

هذا.. ويَسْهُل تَبَادُل البيانات الصحية التي تم جمعها من خلال تطبيقه مع الباحثين الآخرين، فكلٌّ من تطبيق «إم باور» وتطبيق الربو يطلبان الموافقة من المستخدمين على إتاحة بياناتهم للمزيد من عمليات البحث والتحليل.

وحتى الآن، وافق أغلب المستخدمين (75% في تطبيق «إم باور»، و90% في تطبيق الربو). وفي 3 مارس الماضي، وتقريبًا بعد مرور عام على إطلاق تطبيق «إم باور»، أتاح التطبيق مجموعة بيانات من المستخدمين، في إنجاز ضخم عن ذي قبل، عندما استغرق سنوات لجمع كمية ضخمة من البيانات وتوزيعها.

يقول ستيفن فريند، رئيس «سيج بيونيتووركس» Sage Bionetworks، وهي مؤسسة غير ربحية في سياتل، واشنطن، طَوَّرَت تطبيق «إم باور»: «من الأشياء التي تعجبني في هذه المسارات الرقمية الجديدة لجمع المعلومات أنها تمثل فرصة لتبادل البيانات من خلال التجربة نفسها».

> «نحن ما زلنا في البداية، وأمامنا الكثير لنحققه».

يَتخذ كثيرٌ من الباحثين ـ رغم ذلك ـ مواقف مترددة تجاه التكنولوجيا الجديدة، فهم يفضلون الانتظار ورؤية النتائج. وقد تم إطلاق حزمة التطبيقات «ريسيرش كِت» مع 5 تطبيقات؛ ووصل العدد الآن إلى 25 تطبيقًا تتبع أمراضًا معينة، مثل التوحد، وسرطان الثدي، والتصلب المتعدد. وهناك باحثون مندهشون للغاية من عدم إقبال المزيد من العلماء على تطوير تطبيقاتهم. يقول أتول بوتي، مدير المعهد علوم الصحة الحاسوبية في جامعة كاليفورنيا، سان فرانسيسكو: «لقد صدمني أنه مَرَّ عامٌ على ذلك، وما زال هناك عدد قليل من التطبيقات».

والبعض قَلِق من جودة البيانات التي تجمعها التطبيقات المحمولة؛ ففي العديد من دراسات «ريسيرش كِت»، لم يلتق القائمون على الدراسة بالمشاركين، مما يثير علامات استفهام حول جودة البيانات من هؤلاء المشاركين. ومن أجل هذا.. يعمل الباحثون على فحص عينات عشوائية من بيانات التطبيقات. وقد فحص فريق تشان ارتباط طول مستخدمي تطبيق الربو ونوعهم بمسار الذروة، وهو مقياس للقدرة على التنفس، يرتفع في حالة الرجال، وطوال القامة. وقد صمدت هذه العلاقة حتى الآن. تقول شان: «ليس لدينا أي مشاركين أُدخلوا عشوائيًّا بيانات سيئة».

يحاول إيوان أشلي ـ وهو طبيب قلب في ستانفورد وباحث رئيس في مشروع تطبيق «ماي هارت كاونتس» ـ تجربة استراتيجيات مختلفة للحصول على قاعدة متنوعة من المستخدمين، لأن أغلب مستخدمي التطبيق يميلون إلى الذكور. ويربط فريق «ماي هارت كاونتس» الإعلان عن الدراسة ـ التي شارك فيها بالفعل 50 ألف شخص ـ بمصطلحات محددة للبحث على الإنترنت، ويتعاونون مع فريق مبادرة صحة المرأة (WHI)، وهي دراسة أمريكية طويلة المدى.

ولا تزال الشكوك قائمة في استمرار تعاون مستخدمي

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هذه التطبيقات البحثية لفترة طويلة. فعلى سبيل المثال.. يستخدم تطبيق «إم باور» عداد التسارع والميكروفون في تطبيق «آيفون» لقياس مدى ثبات مِشْية المشاركين وقدرتهم على الكلام على التوالي، لكنّ ألف مشارك فقط في تطبيق «إم باور» هم الذين اختاروا ملء الاستطلاع؛ لتقييم وظائفهم الإدراكية.

يقول جيمز بيك: «لم يلبث المشاركون أن فقدوا اهتمامهم عندما أصبحت الأمور أكثر صعوبة. وينبغي أن تكون هناك قيمة للمستخدم، ولهذا.. فإن الناس يستخدمون التطبيق لمدة ساعة واحدة، ثم لا يعودون إليه مرة أخرى».

يتفق ستيفين فريند مع هذا الرأي. وجدير بالذكر أن شركة «فريند» تعمل على تسهيل استخدام تطبيق «إم باور». ويقول عن التطبيق الحالي: «عندما نقارن التطبيق الحالي بما كان عليه من قبل، نقول في دهشة: ‹لقد كان عسيرًا للغاية›».

وما زال الباحثون يسعون لاكتشاف أفضل السبل لاستغلال البيانات القادمة من البرامج، لأن بيانات المشاركين يتم جمْعها بصورة لحظية، وبمعدلات أسرع من المعتاد، فعلى سبيل المثال.. تُجمع البيانات يوميًّا، بعد أن كانت تُجمع مرة كل 3 أشهر أثناء زيارة عيادة الطبيب، مما جعل مجال الاستخدام المنطقي الوحيد هو تجارب العلاج الإكلينيكية. هذا.. وقد طوَّرت شركة «روش» للأدوية في بازل بسويسرا تطبيقًا لمرض باركنسون، تستخدمه الآن في دراسة عقار جديد.

يَفترِض آخرون أن الأبحاث التي تستعين بالهواتف المحمولة قد تؤدي في النهاية إلى الوصول إلى أجهزة يمكن ارتداؤها، من شأنها جمْع المعلومات الخاصة بالمشاركين بطريقة أوتوماتيكية، وفي وقتها الفعلي، مثل تلك الأجهزة التي قامت شركة «فيريلي» Verily ـ التابعة لقسم علوم الحياة بشركة «جوجل» ـ بتطويرها في ماونتن فيو. وتركز الدراسة الأساسية للشركة على تصنيع أجهزة يمكن ارتداؤها لجمْع بيانات المستخدِم؛ بهدف اكتساب رؤى وأفكار جديدة، قد تساعد في اكتشاف المرض؛ ومَنْعه من الظهور.

يعلِّق بيك قائلًا: « نحن ما زلنا في البداية، وأمامنا الكثير لنحققه». ■

MIKE BLAKE/REUTERS

حوت قاتل في «سي وورلد»، التي قررت وَقْف استيلاد الحيوانات المحتجزة.

علم الثدييات

خِـلاف حـادّ حول احتجـاز الحيتـان القاتلـة

طول أعمار الحيوانات المحتجَزة في الحدائق.. محلّ جدل قائم.

إوين كالاواي

في شهر مارس الماضي، أعلنت الشركة الأمريكية للحدائق البحرية «سي وورلد إنترتينمنت» SeaWorld Entertainment أنها ستتوقف عن استيلاد الحيتان القاتلة في المستقبل، وهو قرار رحَّبت به بشدة مجموعات حقوق الحيوان، لكنْ تظل مسألة احتجاز هذا الحيوان المفترس ـ الأكبر على وجه الأرض ـ تهدد حياته، وتثير الجدل بين العلماء.

ركَّزت النقاشات الأخيرة على دراستين أُجريتا في عام 2015، خلصتا إلى نتائج مختلفة جذريًّا حول طول أعمار الحوت القاتل المحتجَز (*Orcinus orca*)، مقارنةً بأعمار المجموعات البرية منه. وعلى الرغم من تعدد العوامل المؤثرة في حالة الرفاهية للحيوان، إلا أن هناك اختلافات واضحة بين بقاء الحيتان المأسورة، وتلك البرية، وهو ما أشار إليه ناشطون كثيرون كدليل على فقر مستوى رعاية الحيتان القاتلة المأسورة.

أُجريت إحدى الدراستين[1] من قِبَل فريق يتألف من باحثين من شركة «سي وورلد»، ومقرّها في أورلاندو في فلوريدا؛ وهي تملك العديد من حدائق الحيوانات التي تحتجِز حيتانًا قاتلة. أما الدراسة الثانية[2]، فقد أجراها مدرِّبان سابقان للحيتان القاتلة، كانا يعملان في الشركة ذاتها، وكانا قد ظهرا في الفيلم الوثائقي «بلاك فيش» *Blackfish*، الذي صدر في عام 2013؛ والذي انتقد ممارسات الشركة. وقد قام مؤلفو البحثين في شهر مارس الماضي بنشر رسائل[3,4]، يتهم فيها كل طرف منهما الآخر «بانتقاء» البيانات التي تدعم موقفًا بعينه، فيما إذا كان من المفترَض إبقاء الحيوانات قيد الاحتجاز، أم لا؛ وهو ما نفاه الطرفان.

وبرغم أن برنامج احتجاز الحيتان القاتلة الخاص بالشركة قد حُدِّد له تاريخ إنهاء، إلا أن الـ23 حيوانًا الموجودة حاليًّا لدى الشركة ستقضي ما بقي من حياتها داخل الحدائق، وستضع أنثى الحيتان تاكارا حَمْلها عن قريب داخل الحجز. كما أن هناك 33 حيوانًا آخر محتجزًا في حدائق بحرية أخرى حول العالم.

وحسب قول دوجلاس دي ماستر ـ المدير العلمي لمركز العلوم السمكية بألاسكا، التابع للإدارة الوطنية الأمريكية للمحيطات والغلاف الجوي، الواقع في سياتل بواشنطن ـ لا تزال هناك حاجة ملحة إلى دراسة طول عمر الحيتان القاتلة، من أجل العمل على تحسين مستوى رفاهية باقي الحيتان التي لا تزال محتجَزة.

هذا.. ولا تزال سجلات الأبحاث المتعلقة بالحيتان القاتلة ضئيلة، فآخِر الدراسات الرئيسة المنشورة[5] قبل عام 2015 دراسة يعود إلى عام 1995، حين قام علماء تابعون للحكومة الأمريكية بحساب المعدَّل السنوي لبقاء الحيتان القاتلة المحتجَزة؛ ليجدوا أنه يقل بنسبة صغيرة عن المعدَّل الخاص بمجموعة برية تعيش على ساحل ولاية واشنطن؛ يُطلق عليها «الحيتان القاتلة المستوطنة في الجنوب».

وفي إحدى الدراستين[2] اللتين أُجريتا في عام 2015، حاول المدربان السابقان جون جيت ـ وهو عالِم أحياء في جامعة ستيتسون في ديلاند في فلوريدا ـ وجيفري فينتر ـ وهو جراح بيطري في مرفق ليك فيو كامبس الطبي في ياكيما بواشنطن ـ قياس مدى الإفادة التي عادت على الحيتان القاتلة منذ تحسين ظروفها في الثمانينات. قام الاثنان بجمع بيانات من الفترة ما بين عام 1961، وعام 2013، حول عدد 201 من تلك الحيتان المحتجَزة في مؤسسات مختلفة حول العالم، بما في ذلك شركة «سي وورلد». وقد خلصت نتائجهم إلى أن معدلات البقاء في الحجز تحسَّنت بالفعل منذ عام 1985، إلا أنه ◄

◀ حتى المعدلات الأحدث لا تزال أقل من معدلات نظيراتها البرية.

وفي الدراسة الثانية[1] المجراة في عام 2015 أيضًا، توصَّل باحثون ـ تحت قيادة الجَرّاح البيطري الخاص بشركة «سي وورلد»، تود روبك ـ إلى استنتاج مختلف تمامًا، هو أن الحيوانات المحتجَزة حاليًّا في الحدائق الأمريكية الخاصة بشركة «سي وورلد» يماثل طول أعمارها أعمار نظيراتها البرية. وقام الباحثون بفحص بيانات تلك الحيوانات المحتجزة في هذه الحدائق فقط بعد عام 2000؛ ووجدوا معدلات بقاء أعلى من تلك التي حسبوها للحيتان القاتلة المُقِيمة في الجنوب، ومكافِئة لمجموعة برية أخرى في مياه كولومبيا البريطانية الساحلية في كندا.

والآن، صَبَّ كل باحث اهتمامه على عمل الباحث الآخر. ففي رسالة منشورة في دورية «مارين مامل ساينس»[3] *Marine Mammal Science*، أشار روبك وثلاثة من زملائه إلى أن جيت وفينتر كانا قد ضَمَّا في دراستهما الحيوانات المحتجَزة، التي ربما كانت صحتها متدهورة قبل الاحتجاز، وكذلك حديثي الولادة الأكثر عرضة لخطر الموت. وحسب توقعات الباحثين، يخفض ذلك من المعدل المرصود لبقاء الحيوانات المحتجزة.

وفي الدورية ذاتها، يرد جيت[4] على هذا الانتقاد، متهمًا دراسة روبك بالتحيز، إذ إنها ـ على سبيل المثال ـ تقارِن الحيتان المحتجزة بالمجموعات المقيمة في الجنوب، المهدَّدة بالخطر، والمعرَّضة للملوثات، ولحركة الملاحة، التي تذبذبت أعدادها خلال العقود الأربعة الأخيرة.

كما يقول جيت وفينتر إن دراستهما كانت مصممة لتُلْقِي نظرة عامة على معدَّل بقاء الحيتان القاتلة المحتجزة؛ وبالتالي فقد ضَمَّنَا من البيانات قدر المستطاع، إلا أن روبك انتقد ذلك أيضًا، قائلًا: «يمكنهم أن يضمُّوا كمية الحيوانات التي يريدونها، لكن تظل استنتاجاتهم غير متصلة بالأدلة التي بَيَّنوها في الدراسة».

ومن جانبه، أشار دي ماستر إلى أن المقارنة التي أجراها روبك وزملاؤه بين الحيتان القاتلة المحتجَزة ومجموعة مضطربة من الحيتان القاتلة البرية ليست مجدية. كما أضاف أنه من الصعب أيضًا مقارنة أساليب الفريقين، إذ إنهما يقومان بدراسة حيوانات مختلفة على فترات زمنية مختلفة.

وفي يوم 8 مارس الماضي، قامت مجموعة أخرى من الباحثين بالانضمام إلى النزاع، منتقِدين دراسة روبك من ناحية أخرى. ففي دورية «جورنال أوف مامالوجي»[6] *Journal of Mammalogy*، ادَّعى الفريق أن دراسة روبك تشير إلى أن الأدلة المتعلقة بطول أعمار الحيتان القاتلة فيما بعد أكثرها خادع، إذ تنتج عن التوقعات المُبَالَغ فيها لأعمار البالغين في بدايات البحوث المتعلقة بالحيتان القاتلة المحتجَزة. وحول ذلك يقول روبك: «بدأ الناس بالالتفات إلى الحيتان القاتلة المحتجَزة في أوائل السبعينات، ولم تكن لديهم الخبرة آنذاك»، كما نشر ردًّا[7] على هذا النقد أيضًا. وإضافةً إلى ذلك.. تقول مجموعة الباحثين تلك إن الأدلة التي تشير إلى طول أعمار الحيتان بعد تكاثرها قوية، وهي إحدى الطرق التكيفية التطورية النادرة التي شُوهدت في البشر فقط وفي الحيتان المرشدة. يقول دارين كروفت، أحد المؤلفين، وهو متخصص في علم البيئة السلوكي في جامعة إكستر بالمملكة المتحدة: «لا تزال هناك حتى اليوم حيتان كانت موجودة في السبعينات، ولم يكن لها صغار». أما أندرو فووت ـ المتخصص في علم البيئة التطوري في جامعة بيرن، وهو مؤلف مشارك كذلك ـ فيعتقد أن الأمر سيتطلب مزيدًا من الوقت في المراقبة؛ من أجل الحصول على أرقام دقيقة لطول أعمار الحيتان القاتلة بعد تكاثرها.

> **«بدأ الناس بالالتفات إلى الحيتان القاتلة المحتجَزة في أوائل السبعينات، ولم تكن لديهم الخبرة آنذاك».**

ومن جانبه، يرى دي ماستر أن الطريقة الوحيدة لحل هذا الخلاف الدائر هي تحليل البيانات ذاتها بالطريقة ذاتها، لكن من قبل فِرَق مختلفة. وقد تنجح مثل تلك الدراسات في تحسين جودة حياة الحيوانات المحتجزة، عن طريق التعرف ـ على سبيل المثال ـ على الإمكانيات والممارسات الإدارية الأكثر نفعًا لها. ■

1. Robeck, T. R., Willis, K., Scarpuzzi, M. R. & O'Brien, J. K. *J. Mammal.* http://dx.doi.org/10.1093/jmammal/gyv113 (2015).
2. Jett, J. & Ventre, J. *Mar. Mamm. Sci.* **31**, 1362–1377 (2015).
3. Robeck, T., Jaakkola, K., Stafford, G. & Willis, K. *Mar. Mamm. Sci.* http://dx.doi.org/10.1111/mms.12278 (2016).
4. Jett, J. *Mar. Mamm. Sci.* http://dx.doi.org/10.1111/mms.12313 (2016).
5. Small, R. J. & DeMaster, D. P. *Mar. Mamm. Sci.* **11**, 209–226 (1995).
6. Franks, D. W. *et al. J. Mammal.* http://dx.doi.org/10.1093/jmammal/gyw021 (2016).
7. Robeck, T. R., Willis, K., Scarpuzzi, M. R. & O'Brien, J. K. *J. Mammal.* http://dx.doi.org/10.1093/jmammal/gyw023 (2016).

علم الفيروسات

رَبْط تشوهات خلقية رُصدت في كولومبيا بفيروس «زيكا»

تَأْمُل الجهات المعنية في كولومبيا في تقدير حجم التهديد الذي يشكِّله فيروس «زيكا» على الأجنة.

ديكلان باتلر

بَلَّغَ دورية *Nature* في شهر مارس الماضي أنّ باحثين في كولومبيا اكتشفوا الحالات الأولى من التشوهات الخلقية المرتبطة بفيروس «زيكا». وستكون هذه الحالات ـ على الأرجح ـ هي البداية لموجة واسعة من حالات التشوه الخلقي للمواليد في البلاد، مرتبطة بعدوى يسبِّبها فيروس منقول عن طريق البعوض، يجتاح الأمريكتين.

إنّ هذا الاكتشاف ليس مثيرًا للدهشة؛ فقد وصل فيروس «زيكا» إلى كولومبيا في سبتمبر الماضي، وهي الدولة الثانية بعد البرازيل من حيث عدد الأشخاص المصابين بالفيروس، إلا أن الباحثين الكولومبيين يأملون ـ بمتابعتهم النساء الحوامل عن كثب ـ أن يحددوا مدى التهديد الذي يشكله الفيروس للأجنة؛ وهو أمر لم يتمكن العلماء حتى الآن من تحديده، انطلاقًا من البيانات المتوفرة في البرازيل.

وقد شَخَّص العلماء في كولومبيا حتى الآن وليدًا واحدًا يعاني من صغر غير طبيعي في حجم الرأس، وشَخَّصوا وَلِيدَين آخرين بتشوهات خلقية في الدماغ، حسب قول ألفونسو رودريجيز موراليس، رئيس شبكة التعاون الكولومبية بشأن فيروس زيكا «RECOLZIKA»، التي فحصت الحالات. وقد جاءت نتيجة فحص الأطفال الثلاثة إيجابية، وقدَّم الباحثون تقريرًا عن ذلك لدورية علمية.

زيادة حتمية

يقول رودريجيز موراليس ـ المتخصص في مجال الأمراض المعدية في الجامعة التكنولوجية في بيريرا غربي كولومبيا ـ إنه يتوقع ازديادًا في عدد حالات العاهات الخلقية المرتبطة بفيروس «زيكا». وقد بدأت بالفعل شبكة التعاون الكولومبية بشأن فيروس «زيكا» ـ وهي شبكة من الباحثين ومؤسسات الصحة العامة في كولومبيا ـ في التحقيق في عدد من حالات صغر حجم الرأس المُشتبه بِصِلَتها المحتملة بفيروس «زيكا».

NATURE.COM
للقصة الكاملة، انظر:
go.nature.com/cpzb8o

ولا تكاد الأدلة الإكلينيكية تدع مجالًا للشك في وجود علاقة بين فيروس زيكا وبين صغر حجم الرأس؛ فقد عُثر على الفيروس في السائل الأمنيوسي والسائل النُّخاعي للأطفال المصابين، وفي أدمغة الأجنة الميتة والمُجهَضة، بعد اكتشاف تشوهات خلقية شديدة أثناء الحمل. والسؤال الأهم الذي يجب أن يُطرَح لتقييم درجة التهديد الذي يشكله فيروس «زيكا»، هو: كم عدد النساء الحوامل المصابات بالفيروس ـ خاصة خلال الثلث الأول من الحمل، عندما يكون الجنين في أوهن حالاته ـ اللواتي يُنجبن أطفالًا أصحاء؟

تُعَدّ البرازيل الدولة الوحيدة حتى الآن التي أبلغت عن ازدياد كبير في حالات صغر حجم الرأس لدى المواليد، بالتزامن مع انتشار فيروس «زيكا»، إلا أن الحجم الدقيق لهذا الازدياد ما زال غير مؤكد، وما زال من غير الممكن تحديد مدى ارتباط الفيروس بهذا الازدياد. ويطمح باحثو شبكة التعاون الكولومبية إلى المساعدة في إيجاد إجابات لهذا السؤال، عبر برامج رصد وطنية أُنشئت في ديسمبر الماضي؛ لمتابعة النساء الحوامل؛ بغرض رصد أي علامات للعدوى، ولتشخيص العلامات المبكرة لتشوهات الأجنة.

يقول رودريجيز موراليس، إنه حتى لو تَبَيَّن أنّ خطر فيروس «زيكا» أقل مما نتصور، فهذا لا يعني أنه لن يؤدي إلى عدد كبير من الإصابات، ما دامت كثيرات من النساء الحوامل في الأمريكتين معرَّضات للإصابة بالعدوى. ■


NACHO DOCE/REUTERS

يحاول الباحثون معرفة ما إذا كان فيروس «زيكا» يسبب تشوهًا يتمثل في صغر حجم الرأس الخلقي، أم لا.

صحة عامة

«زيكا» يلقي الضوء على أهمية بحوث أنسجة الأجنة

قد تثبت دراسات الأنسجة المثيرة للجدل أهميتها في استقصاء الصلة ما بين الفيروس، والتشوهات الخلقية.

إريكا تشيك هايدين

تذكر إحدى الدراسات التي أجريت على أنسجة بشرية تم التبرع بها، أن البروتين الذي يساعد فيروس «زيكا» على إصابة خلايا الجلد لدى الأشخاص البالغين قد يتيح للفيروس كذلك الولوج إلى الخلايا الجذعية التي تكوِّن خلايا الدماغ.

وتُعتبر نتائج الدراسة ـ المنشورة في 30 مارس الماضي في دورية «سيل ستيم سيل» *Cell Stem Cell*[1] ـ جزءًا من هيكل متنامٍ من البحوث التي تهدف إلى تحديد كيف يتسبب فيروس «زيكا» في حدوث التشوهات الخلقية، وهو الأمر الذي يتطلب استخدام نوع من الأنسجة، بات أكثر جدلًا للباحثين في الولايات المتحدة.

إن التطورات الأخيرة في علم الأعصاب وتقنيات الخلايا أعطتنا بعض الإشارات التي قد تفسِّر سبب ولادة بعض الأطفال الذين أصيبت أمهاتهم بفيروس «زيكا» برؤوس أصغر من الحجم الطبيعي، وغيرها من التشوهات الخلقية. ولكي نفهم بشكل كامل ما يحدث داخل الرحم، يقول علماء إنهم يحتاجون إلى دراسة أنسجة جنينية، يمكن أن يتبرع بها الأزواج الذين يقرِّرون إنهاء الحمل.

ولقد تعرَّف العلماء على بروتين AXL، الذي يسمح لفيروس «زيكا» بدخول خلايا الجلد البشري. ويوضح أرنولد كريجستاين ـ عالِم الأعصاب في جامعة كاليفورنيا بسان فرانسيسكو (UCSF) ـ وزملاؤه أن هذا البروتين تنتجه كذلك خلايا جنينية تكوِّن العيون والدماغ. وربما يوفر بروتين AXL وسيلة لفيروس «زيكا»، لكي يصيب هذه الخلايا.

وأوضحت دراستان نُشرتا في إبريل الماضي[2,3] أن فيروس «زيكا» يستهدف ويقتل تحديدًا الخلايا المُنشِئة للخلايا العصبية، بما فيها تلك الخلايا في نماذج عضيّات الدماغ، وهي هياكل تحمل صفات دماغية، وتتكون من خلايا الجلد البشري المعاد برمجتها. وتفترض هذه الدراسات أن فيروس «زيكا» يسبِّب صغر حجم الرأس، من خلال تدمير خلايا الجنين التي تكوِّن الدماغ، حسبما تقول عالمة الأعصاب باتريشيا بيستانا جارسيز من الجامعة الفيدرالية في ريو دي جانيرو في البرازيل، التي قادت إحدى الدراستين.

> «القليل من الناس على استعداد للتبرع، وهذا يقيِّد مسيرتنا».

وقد استخدمت الدراسة التي قادها كريجستاين أنسجة جنينية، تَبَرَّع بها مرضى كانوا يخضعون للعلاج في المرافق الطبية التابعة لجامعة كاليفورنيا، لكن مثل هذه العينات قد يصبح الحصول عليها أكثر صعوبة، بعد أن خضع الحصول على الخلايا الجنينية واستخدامها لرقابة جديدة في الولايات المتحدة. وفي يوليو الماضي، بث مجموعة مناهِضة للإجهاض، تُسمى «مركز التقدم الطبي» في إرفين بكاليفورنيا، تسجيلًا مصورًا لموظفين في مؤسسة رعاية صحية غير هادفة إلى الربح لتنظيم الأسرة، يناقشون به بيع أنسجة أجنة مجهَضة؛ لغرض البحوث. ويحقِّق حاليًّا أعضاء في مجلس النواب الأمريكي في قضية استخدام الأنسجة الجنينية في البحوث العلمية. ويشعر العلماء في الولايات المتحدة بالقلق إزاء تَسَبُّب هذا الجدل في عرقلة البحوث الأساسية حول فيروس «زيكا». وتقول سوزان فيشر، عالمة البيولوجيا التطورية والخلايا الجذعية في جامعة كاليفورنيا، سان فرانسيسكو: «القليل من الناس على استعداد للتبرع، وهذا يقيِّد مسيرتنا».

وقد اكتشفت فيشر ـ من خلال دراستها للكيفية التي ينتقل بها فيروس «زيكا» من الأم إلى الجنين ـ وجود بروتين AXL في الخلايا الجنينية المسماة الأرومة المغذية، وهي المسؤولة عن تثبيت المشيمة ـ العضو الذي يمدّ الجنين بالدم والعناصر الغذائية ـ في رحم الأم. ومن المعروف أن هذه الخلايا تنقل مسبِّبات العدوى المختلفة، مثل الفيروس المضخِّم للخلايا (cytomegalovirus) من الأم إلى الجنين. وتقول فيشر: «هذا يشير إلى أن المشيمة لديها قدرة هائلة على نقل فيروس «زيكا»». وتعتمد دراسات فيشر على الأنسجة الجنينية التي يتم التبرع بها من أجنّة تم إجهاضها، أو حَمْل اكتملت مدته.

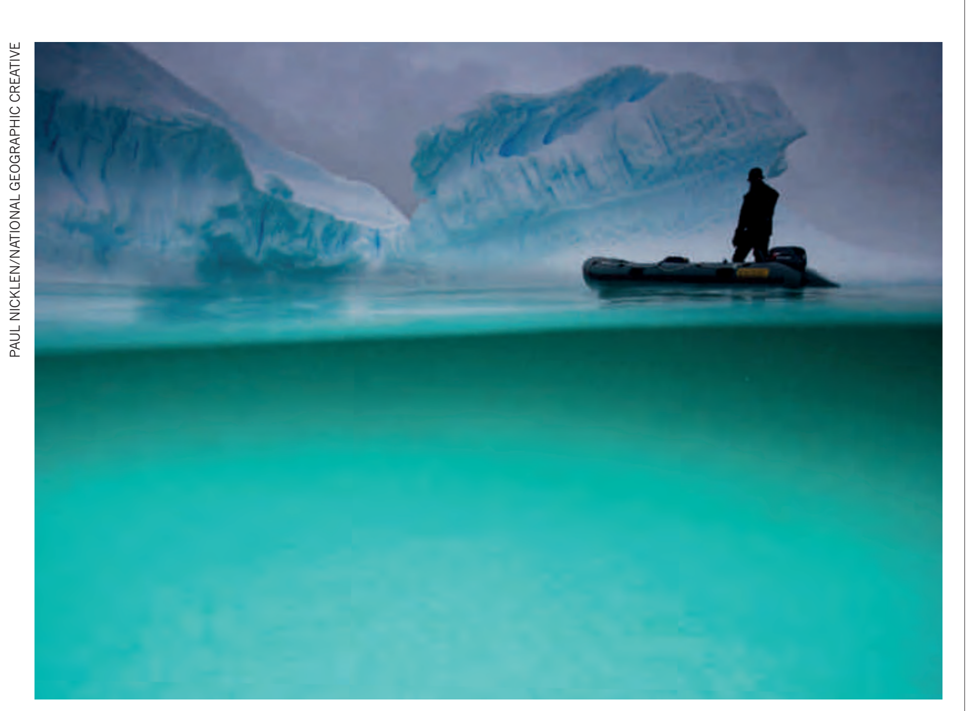
وتقول كارولين كوين ـ عالمة الفيروسات في جامعة بيتسبرج في بنسيلفانيا ـ إن للأنسجة الجنينية أهمية بالغة في دراسة فيروس «زيكا»، لأن الفيروس يبدو قادرًا على إصابة الجنين على مدار فترات الحمل[4]. وتوضح: «إن دراسة عدوى «زيكا» في أنسجة الأجنة البشرية ضرورية، ويجب أن تمتد لتشمل كافة مراحل الحمل».

ونتيجة لسياسات العديد من دول أمريكا اللاتينية، التي تمنع الإجهاض قانونًا، أو تفرض عليه قيودًا كثيرة، فإن البحوث المعملية التي تدرس التطور العصبي في المناطق الأكثر إصابة بالفيروس تعتمد ـ بشكل أساسي ـ على أنواع أخرى من الأنسجة البشرية، مثل نماذج عضيات الدماغ. فالباحثون في البرازيل ـ على سبيل المثال ـ يدرسون مدى خطورة الأنواع المختلفة لفيروس «زيكا» في الخلايا العصبية ونماذج عضيات الدماغ من دم الحبل السُّرِّي.

ويخطط كل من فيشر وكريجستاين للمزيد من الدراسات؛ لمعرفة كيف يصيب فيروس «زيكا» الدماغ الناشئ والخلايا المشيمية. ويقولون إن مثل هذه الدراسات مهمة لمعرفة سبب تدمير الفيروس لأدمغة الأطفال، وما إذا كان من الممكن منع حدوث ذلك، أم لا.

كما سيستخدم العلماء نماذج عضيات الدماغ ونماذج الحيوانات، لكنهم يشيرون إلى أن هذه لن تكون بدائل مثالية لأنسجة الأجنة البشرية. فعلى سبيل المثال.. لا يَعْلَم الباحثون ـ على وجه الدقة ـ إلى أيّ مدى يحاكي نمو عضيّات الدماغ التطورَ الفعلي للدماغ البشري. ويقول كريجستاين: «سيكون من المهم أن نوضح بدقة في نماذج أنسجة بشرية كيف يشكِّل الفيروس نمط الإصابة الناشئ. وفي وقتٍ كالذي نحياه حاليًّا، حيث يسابقنا الزمن لمحاولة معرفة ما يحدث؛ من أجل حماية تطور الدماغ، تأتي أهمية الأنسجة الجنينية البشرية في المقدمة». ■

1. Nowakowski, T. J. *et al. Cell Stem Cell* http://dx.doi.org/10.1016/j.stem.2016.03.012 (2016).
2. Garcez, P. P. *et al. PeerJ Preprints* **4,** e1817v3 (2016).
3. Tang, H. *et al. Cell Stem Cell* http://dx.doi.org/10.1016/j.stem.2016.02.016 (2016).
4. Brasil, P. *et al. N. Eng. J. Med.* http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1602412 (2016).


PAUL NICKLEN/NATIONAL GEOGRAPHIC CREATIVE

تشير الدراسات الحديثة إلى أن الطبقة الجليدية للقارة القطبية الجنوبية أقل استقرارًا بكثير مما كان يَعتقِد العلماء في السابق.

المناخ

ظهور عامل يحفِّز انهيار القارة القطبية الجنوبية

قد تتسبب الزيادة المستمرة في انبعاثات الغازات الدفيئة في القرن الحالي في رفع مستويات سطح البحر أكثر من 15 مترًا، وذلك بحلول عام 2500.

جيف توليفسون

من شأن الخيارات التي يتخذها العالَم في القرن الحالي أن تحدِّد مصير الغطاء الجليدي الضخم للقارة القطبية الجنوبية. فقد توصلت دراسة نُشرت على الموقع الإلكتروني لدورية *Nature*[1] في الأسبوع الأخير من مارس الماضي إلى أن الزيادة المستمرة في انبعاثات الغازات الدفيئة على مدى العقود القادمة ربما تؤدي إلى بدء انهيار جليدي في القارة القطبية الجنوبية، لا يمكن إيقافه؛ الأمر الذي سيسفر عن ارتفاع مستويات سطح البحر بأكثر من متر كامل بحلول عام 2100، وأكثر من 15 مترًا بحلول عام 2500.

«من شأن ذلك فعليًّا أن يعيد رسم الشكل الذي يبدو عليه الكوكب من الفضاء»، كما يقول الباحث المشارك في هذه الدراسة روب ديكونتو، وهو عالِم جيولوجيا في جامعة ماساتشوستس أمهرست. والخبر الجيد في الأمر، كما يقول، هو أنه في حالة خفض انبعاثات الغازات الدفيئة بالسرعة الكافية؛ للحدّ من ارتفاع درجات الحرارة العالمية؛ لإبقاء متوسط الارتفاع عند حوالي درجتين مئويتين، فإن ذلك سيؤدي إلى زيادة بسيطة أو معدومة في مستوى سطح البحر، الذي يحدث نتيجةً لذوبان الجليد في القارة القطبية الجنوبية.

تعزِّز هذه النتائج من مجموعة الأبحاث المتزايدة التي تشير إلى أن طبقة جليد القارة القطبية الجنوبية أقل استقرارًا مما كان يُعتقَد في السابق. وفي تقريرها[2] لعام 2013، قدَّرت الهيئة الحكومية المشتركة المعنية بتغيُّر المناخ أن ذوبان الجليد في القارة القطبية الجنوبية من شأنه أن يسهم في ارتفاع مستوى سطح البحر بما يُقَدَّر ببضعة سنتيمترات فقط بحلول عام2100. وفي الوقت الذي يعمل فيه العلماء على تطوير مستوى أفضل من الفهم للآليّة التي يؤثر بها المحيط والغلاف الجوي على الطبقة الجليدية، نجد أنّ توقُّعاتهم حول مستقبل القارة أصبحت مخيفةً أكثر.

قام ديكونتو والباحث المشارك ديفيد بولارد ـ المتخصص في علم دراسة التغيرات المناخية على مدى تاريخ الأرض في جامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفيرسيتي بارك ـ بتطوير نموذج مناخي، يفسِّر الفقدان الحاصل في الكتلة الجليدية، نتيجةً لتيارات التدفئة السائرة في المحيط، التي قد تؤدي إلى تآكل الجانب السفلي من الطبقة الجليدية. كما يفسر كذلك ارتفاع درجات حرارة الغلاف الجوي، الذي يذيب طبقة الجليد من أعلى. وفي كثير من الأحيان، ترشح برك المياه الذائبة التي تتشكل على سطح الجليد خلال الشقوق؛ الأمر الذي يمكن أن يؤدي بدوره إلى سلسلة من التفاعلات التي تكسر الطبقات

الجليدية، وتتسبب في انهيار المنحدرات الجليدية ـ التي تَعَرَّت مؤخرًا ـ تحت وطأة أوزانها.

وقد وجد الباحثون أنه من خلال تضمين كافة العمليات المذكورة، يمكنهم إجراء عمليات محاكاة أفضل للفترات الجيولوجية المهمة التي كانت قد حَيَّرت العلماء لفترة طويلة. فعلى سبيل المثال.. قبل بداية العصر الجليدي الأخير منذ 130,000 إلى 115,000 سنة، كانت مستويات سطح البحر أعلى من المستويات الحالية بحوالي 6 إلى 9 أمتار؛ بينما كانت مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أقل من المستويات الحالية بحوالي 30%. ومنذ 3 ملايين سنة، عندما كانت مستويات ثاني أكسيد الكربون مساوية تقريبًا للمستويات الحالية، كانت أسطح المحيطات ربما أعلى بحوالي 10 إلى 30 مترًا.

وقد ساعد إدماج العمليات الفيزيائية التي تقف وراء ذوبان الجليد الناتج عن تسخين الغلاف الجوي ـ إلى جانب انهيار المنحدر ـ ديكونتو وبولارد على إعادة دراسة تلك الفترات المهمة، من خلال النموذج الخاص بهما. «كان الأمر أقرب إلى لحظة وعي استثنائية.. لاحتمال كوننا على وشك الوصول إلى شيء ما»، كما يقول ديكونتو. وفي نهاية المطاف، قام الباحثان باختبار مدى نجاح الإصدارات المختلفة من نموذجهما في محاكاة الماضي؛ ثم استخدما الإصدارات الأفضل أداءً في توقُّع ارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل. وقد وجدا أنه مع مرور الوقت، سيصبح تسخين الغلاف الجوي هو المحرك الرئيس لفقدان الجليد.

ومن جانبه، يعلق نِك جوليدج ـ الذي يعمل على نمذجة الطبقة الجليدية في جامعة فيكتوريا في ويلينجتون بنيوزيلندا ـ على هذه الجهود قائلًا: «أعتقد أن أساليبهما لا تزال خيالية بعض الشيء؛ لكنهما يقومان بعمل جيد». ويشير بحث جوليدج ـ الذي نُشر في دورية *Nature* في شهر أكتوبر الماضي[3] ـ إلى أن ذوبان الجليد في القارة القطبية الجنوبية ـ الناتج عن زيادة انبعاثات غازات الدفيئة ـ يمكن أن يتسبب في ارتفاع مستويات سطح البحر عالميًّا بمقدار قد يصل إلى 39 سنتيمترًا بحلول عام 2100، و3 أمتار بحلول عام 2300.

ومع ذلك.. يحذِّر جوليدج من كون العلماء لا يعرفون سوى القليل عن كيفية تأثير الغلاف الجوي والمحيط على الكتل الجليدية القديمة. ويضيف: «في الواقع، نحن لا نمتلك تصورًا كافيًا لما كان عليه المناخ في الماضي».

وتقترح دراسة ثالثة كانت قد نُشرت كذلك في دورية *Nature* في شهر ديسمبر الماضي[4]، أنه من غير المرجح أن يؤدي ذوبان الجليد في القارة القطبية الجنوبية إلى ارتفاع في مستوى سطح البحر بما يزيد على 30 سنتيمترًا بحلول عام 2100، إلا أن مؤلفي البحث أشاروا إلى أن الأساليب المعرَّفة حديثًا، مثل ذوبان السطح، وانهيار المنحدرات الجليدية، يمكن أن تزيد من فقدان الجليد.

وعلى هذا النحو، صرَّح المؤلف المشارك تامسين إدواردز ـ وهو عالِم في الفيزياء في الجامعة المفتوحة في ميلتون كينز في المملكة المتحدة ـ بأنّ توقعات ديكونتو وبولارد تتفق مع دراسة فريقه الأخيرة تلك.

ويدرك علماء الكتل الجليدية بالفعل حجم القوة التدميرية لآليات تسخين الغلاف الجوي وانهيار المنحدر الجليدي، التي يحاكيها نموذج ديكونتو وبولارد. وقد تَسَبَّب تَوَاتُر عدة فصول صيف حارة بشكل غير عادي في انهيار مفاجئ في الرصيف الجليدي المسمى «لارسن بي» Larsen B في القارة القطبية الجنوبية في عام 2002. وقد شهد العلماء مجموع العمليات والظواهر الفيزيائية الأساسية لانهيار المنحدر الجليدي المصاحِب لأحداث انفصال الكتل الجليدية جاكوبشافن وهلهايم في جرينلاند.

ومن جانبه، يقول ديفيد هولاند، عالِم المناخ الفيزيائي في جامعة نيويورك: «كمراقب، أرى الأشياء التي يتحدثون عنها». ويضيف: «لا نزال في انتظار الكثير من الملاحظات والنماذج، إلا أنهم يوجِّهون الناس نحو التفكير بطرق علمية جدًّا».

أما ديكونتو، فهو يرى أن نتائج النموذج الجديد تؤكد أن البشرية الآن تقف أمام خيار حاسم. فإذا صح التقييم الفيزيائي الذي قَدَّمه هو وبولارد، بمجرد أن تبدأ عملية تفكك الرصيف الجليدي تلك، التي يتبعها انهيار المنحدر الجليدي؛ سيكون من المستحيل تقريبًا وَقْفها.

ويضيف: «بمجرد تسخين المحيط؛ لن يكون بالإمكان استعادة هذا الجليد، حتى تنخفض درجة حرارة المحيطات»، وهي عملية قد تستغرق آلاف السنين. ويعقِّب بقوله: «إنها بمثابة الْتِزَام طويل الأمد». ■

1. Pollard, D. & DeConto, R. M. *Nature* http://dx.doi.org/10.1038/nature17145 (2016).
2. Church, J. A. *et al.* in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds Stocker, T. F. *et al.*) 1137–1177 (Cambridge Univ. Press, 2013).
3. Golledge, N. R. *et al. Nature* **526,** 421–425 (2015).
4. Ritz, C. *et al. Nature* **528,** 115–118 (2015).

رياضيات

برهــان «فيرمــا» يحصل على جائــزة عالِـم الرياضيات «آبـل»

أندرو وايلز يُكافَأ؛ لِفَكِّه اللغز التاريخي.

دافيديه كاستيلفيكي

فاز البريطاني أندرو وايلز ـ الباحث في نظرية الأعداد ـ بجائزة آبل Abel Prize لعام 2016، وذلك لإثباته نظرية فيرما الأخيرة، وهي المسألة التي حيّرت نخبة من أعظم علماء العالم لمدة ثلاثة قرون ونصف القرن. فقد أعلنت الأكاديمية النرويجية للعلوم والآداب في 15 مارس الماضي عن الفائز بالجائزة، التي يعتبرها البعض بمثابة جائزة «نوبل للرياضيات».

وسوف يستلم وايلز ـ البالغ من العمر 62 سنة، والمنتسب حاليًّا إلى جامعة أكسفورد ببريطانيا ـ مبلغ 6 ملايين كرونر (حوالي 700 ألف دولار أمريكي) مكافأةً له على البرهان الذي قدمه في عام 1994 على نظرية «فيرما». تنصّ هذه الأخيرة على أنه لا يمكن أن تكون هناك أي أعداد صحيحة موجبة x ، y ، z بحيث $x^n + y^n = z^n$ إذا كان n أكبر من 2. وقد صرّح وايلز لدورية *Nature* بأن هذه الجائزة كانت «مفاجأة بكل المقاييس».

وبحلّ مسألة تُعتبَر بالغة الصعوبة من قِبل الكثيرين ـ رغم بساطة طرحها نسبيًّا ـ أصبح وايلز يوصف ـ حسب قول مارتن بريدسن، مدير معهد أكسفورد للرياضيات (الكائن بمبنى يحمل اسم وايلز) ـ بأنه «عالِم رياضيات القرن العشرين الأكثر شهرة». ورغم أن هذا البرهان قد أُنجز منذ عقدين، فلا يزال وايلز مصدر إلهام للباحثين الشباب، وهو ما يتجلَّى عندما يحضر تلاميذ المدارس محاضراته العامة. ويضيف بريدسن: «إنهم يعتبرونه مثل نجوم موسيقى الروك... وهم يصطفون لأَخْذ صورهم التذكارية معه».

«نحن كبشر ننجح عن طريق التجربة والخطأ، فالأشخاص الذين يتغلَّبون على الانتكاسات هم الذين ينجحون».

أصبحت قصة وايلز قصة كلاسيكية تدور حول المثابرة والثبات، فبينما كان أحد أعضاء هيئة التدريس في جامعة برينستون في ولاية نيو جيرسي خلال الثمانينات، انكبّ على حل المسألة المذكورة لمدة سبع سنوات، وكان يعمل في علية منزله، دون أن يخبر أحدًا بذلك، عدا زوجته. وفي يونيو 1993، أعلن عن اكتشافه التاريخي خلال مؤتمر نُظِّم في مسقط رأسه (كمبريدج) في بريطانيا، غير أنه سمع بعد شهرين من أحد زملائه أن برهانه يتضمن خطأً فادحًا.

وهكذا، قضى وايلز سنة أخرى من العمل الشاق بمساعدة أحد طلبته السابقين ـ وهو ريتشارد تايلر، المنتسِب حاليًّا إلى معهد الدراسات المتقدمة في برينستون ـ فأتى على الثغرة التي كان يشكو منها البرهان؛ وسَدَّها بإحكام. وعندما نُشر البرهان ضمن ورقتين في عام 1995، كانت دورية «حوليّات الرياضيات» *Annals of Mathematics* قد خصصت له عددًا كاملًا[1,2].

ومن المعلوم أنه بعد أن اعتلى الإعلان الأول لوايلز الصفحات الأولى في وسائل الإعلام عبر العالم، كان الضغط على عالِم الرياضيات الخجول شديدًا، حتى صار شبه عاجز عن الدفاع عن عمله وإنقاذه. وفي هذا الصدد.. صرَّح وايلز ـ ضمن فيلم وثائقي لقناة «بي بي سي» في عام 1996، ويبدو أنه كان لا يزال آنذاك تحت تأثير الصدمة ـ قائلًا : «مما لا شك فيه أن ممارسة الرياضيات في هذا الجو الإعلامي المشحون ليس أسلوبي في العمل، وليس لديَّ أي رغبة في إعادة هذه التجربة».

وإثر سماعه بنَيْله الجائزة؛ صرّح وايلز لدورية *Nature* قائلًا : «لسوء الحظ، نحن كبشر ننجح عن طريق التجربة والخطأ، فالأشخاص الذين يتغلَّبون على الانتكاسات هم الذين ينجحون». ■

1. Wiles, A. *Ann. Math.* **141,** 443–551 (1995).
2. Taylor, R. & Wiles, A. *Ann. Math.* **141,** 553–572 (1995).



دافيديه كاستيلفيكي

الموجة التالية

إشارة لحظية من الفضاء.. تثبت صحة عقود من النظريات المتعلقة بالثقوب السوداء، وتبدأ حقبة جديدة في مجال علم الفلك المتعلق بموجات الجاذبية.

على النطاق الكوني، كان الحدث كارثيًّا، ألا وهو اندماج ثقبين أسودين يهز نسيج الزمان والمكان المحيط بهما بعنف، ويرسل عاصفة من التذبذبات في النسيج، تُعرف باسم «موجات الجاذبية»، وتتموج عبر الكون بسرعة بلغت سرعة الضوء، لكنها كانت من نوع الكوارث الذي ينتظره علماء الفيزياء على كوكب الأرض. ففي يوم 14 من شهر سبتمبر الماضي، حين مرت تلك التموجات عبر مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر «ليجو»، المطوَّر حديثًا، ظهرت على هيئة ارتفاعات مفاجئة في القراءات الصادرة من جهازي الكشف خاصته؛ اللذين يتخذ كل منهما شكل حرف (L)، والواقعين في ولايتي لويزيانا، وواشنطن. وللمرة الأولى على الإطلاق، تمكّن العلماء من تسجيل إشارة موجات الجاذبية.

«ظَهَرَتْ بالفعل!»، قالها دانييل هولز، أحد أعضاء فريق مرصد «ليجو» وعالِم في مجال الفيزياء الفلكية بجامعة شيكاغو في إلينوي. «كانت الإشارة قوية جدًّا وجميلة للغاية في كلا الكاشفين»، كما يقول. ورغم أن شكل الإشارة بدا مألوفًا حسب النظرية، يقول هولز: «يختلف الأمر تمامًا عندما ترى شيئًا فعليًّا في البيانات. إنها لحظة بارعة».

إنّ الإشارة، التي سُميت رسميًّا GW150914 وفقًا لتاريخ حدوثها، والمعروفة بشكل غير رسمي بين مكتشفيها باسم «الحدث المعروف»، أُشِيدَ بها كخطوة فارقة بحق في مجال الفيزياء، إذ قَدَّمَت أدلة وافرة على صحة نظرية النسبية العامة التي وضعها أينشتاين منذ قرن مضى، والتي تذهب إلى أن الكتلة والطاقة يمكن أن تتسبَّبا في التواء نسيج الزمان والمكان، وأن الجاذبية هى نتاج ذلك الالتواء. يسميها ستوارت شابيرو، المتخصص في المحاكاة الحاسوبية لنظرية النسبية في جامعة إلينوي في أوربانا شامبين: «التأكيد الأبرز لصحة نظرية النسبية العامة منذ نشأتها».

ويُعَدّ هذا الحدث بمثابة إشارة البدء لحقبة طال انتظارها في مجال علم الفلك المتعلق بموجات الجاذبية. فقد أثمر تحليل الإشارة المفصَّل بالفعل عن رؤى ثاقبة في طبيعة الثقوب السوداء المندمجة، وكيفية تكوينها. ومن خلال المزيد من الأحداث المماثلة، سيتمكن الباحثون من تصنيف وفهم أصل وجود الثقوب السوداء، تمامًا كما يفعلون مع النجوم؛ إذ يقوم فريق مرصد «ليجو» بتحليل عدة أحداث أخرى مرشحة، تم رصدها أثناء الأربعة أشهر

ILLUSTRATION BY MARK GARLICK

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

السنوات، وجد العلماء أن هذا الثنائي النابض كان يفقد الطاقة، ويدور بشكل حلزوني باتجاه الداخل، تمامًا كما تنبَّأت نظرية أينشتاين.

وفي الغالب، ظل الثقبان الأسودان اللذان تم الكشف عنهما من قِبل مرصد «ليجو» يفقدان الطاقة بتلك الطريقة لملايين السنين، أو ربما مليارات السنين، قبل أن يبلغا نهايتهما، لكن لم يسجل المرصد موجات الجاذبية القادمة منهما حتى الساعة 9:50:45 بالتوقيت العالمي المنسَّق، من يوم 14 سبتمبر 2015؛ عندما تصاعد تردد الموجة لما يزيد على 30 دورة في الثانية (مقياس هرتز) ـ ما يساوي 15 دورة كاملة للثقب الأسود في الثانية الواحدة ـ وارتفع التردد بما يكفي لتتمكن الكواشف من تمييزه وسط ضجيج الخلفية.

وفي غضون 0.2 فقط من الثانية، شهد مرصد «ليجو» ارتفاع الإشارة إلى 250 هرتز، قبل أن تختفي فجأة؛ عندما دارت الثقوب السوداء دوراتها الخمس الأخيرة، قبل أن تصل سرعتها المدارية إلى نصف سرعة الضوء، وتندمج مع بعضها البعض، مكوِّنة جسمًا واحدًا ضخمًا (انظر: «ما الذي أحدث الموجة»).

وسرعان ما شرع فريقًا العمل الخاصّان بمرصدي «ليجو» و«فيرجو» في جمع كل المعلومات الممكنة. وعلى المستوى الأوَّلي، أعطتهم الإشارة دليلًا على وجود الثقوب السوداء؛ فاقتراب الأجسام بشدة من بعضها البعض قبل الاندماج أشار إلى كونها ثقوبًا سوداء بالفعل، إذ إن النجوم العادية كان يمكن أن تكون أكبر من ذلك بكثير. يقول بينروز: «أعتقد أنه المؤشر الأوضح على أن الثقوب السوداء موجودة بالفعل».

وإضافةً إلى ذلك.. قدمت الإشارة للعلماء أول اختبار تجريبي للنسبية العامة فيما وراء المناطق التي يحدث فيها التواء بسيط نسبيًّا في نسيج المكان والزمان، بما في ذلك الفضاء المحيط بالثنائي النابض. ولم يكن هناك أي دليل تجريبي على أن النظرية ستبقى سارية مع انبعاث الطاقات المتطرفة الناجمة عن اندماج الثقوب السوداء، حسب قول شابيرو، إلا أنها بقيت سارية فعلًا.

حملت الإشارة كذلك مجموعة ثمينة من المعلومات الأكثر تفصيلًا. فمن خلال الفحص الدقيق لشكلها قبل وقوع الكارثة النهائية مباشرة، وجد العلماء أنها تقترب ـ إلى حد كبير ـ من شكل موجة جيبيّة، يرتفع ترددها وسعتها بشكل منتظم. ووفقًا لعالِم الفيزياء النظرية بي. إس. ساثياباراكاش، من جامعة كارديف في المملكة المتحدة، وهو أحد الباحثين الأوائل في مرصد «ليجو»، يمكن لهذا النمط أن يشير إلى أن مدارات الثقوب السوداء كانت شبه دائرية، وأن مرصد «ليجو» على الأرجح كانت لديه نظرة شاملة لتلك الدوائر، إذ كان يُنظر إليها مباشرةً تقريبًا من أعلى، وليس من ناحية الحافة.

وإضافةً إلى ذلك.. تمكَّن فريقًا العمل الخاصّان بمرصدَي «ليجو»، و«فيرجو» من استخدام تردد الموجة المرصود، وكذلك معدل تسارعها، لتقدير كتلتي الثقبين الأسودين؛ فحيث إنّ الأجسام الأثقل وزنًا تشع طاقة على هيئة موجات جاذبية بمعدل أسرع من الأجسام الأخف وزنًا؛ تزداد سرعتها بشكل أكبر كذلك.

وعن طريق إعادة صناعة الحدث من خلال المحاكاة الحاسوبية، تمكَّن العلماء من تقدير كتلتي الثقبين الأسودين بحوالي 36 مرة، و29 مرة ضعف كتلة الشمس، بالتتابع؛ أما الثقب الأسود الناتج، فبلغ وزنه حوالي 62 كتلة شمسية[1]. انتشر الفارق المفقود في هيئة إشعاع الجاذبية، وهو يُقدَّر بحوالي 3 أضعاف كتلة الشمس. وقد فُقدت نسبة كبيرة منه أثناء ما يُطلِق عليه علماء الفيزياء مرحلة «انخفاض الرنين»، حين يستقر الثقب الأسود الناتج في شكل كروي. فعلى سبيل المقارنة، (قامت أقوى قنبلة نووية حرارية تم تفجيرها حتى الآن بتحويل حوالي كيلوجرامين فقط من المادة إلى طاقة،

ثنائي ثقوب سوداء يشع كمية ضخمة من الطاقة الدورانية على هيئة موجات جاذبية.

التي تم خلالها تشغيل الكواشف، والتي انتهت بالفعل في شهر يناير.

ولا زال من المنتظر أن تظهر أحداث أخرى، بداية من شهر سبتمبر، وهو الموعد المحدد لبدء أعمال الرصد المشتركة بين مرصد «ليجو» المطور، ونظيره الأوروبي «فيرجو» VIRGO المطور أيضًا بإدارته الفرنسية الإيطالية، والموجود بالقرب من بيزا في إيطاليا (تعمل الجهتان معًا في جمع البيانات، ونشر أوراق بحثية مشتركة). ولن يقتصر إسهام هذا الكاشف على تقديم التفاصيل المهمة للأحداث التي تجري، بل يمكنه أيضًا أن يساعد علماء الفلك في إجراء قياسات أكثر دقة مما سبق للمسافات الكونية.

ويقول بروس ألين، المدير الإداري لمعهد ماكس بلانك لفيزياء الجاذبية، الواقع في هانوفر بألمانيا: «ستكون تلك رحلة جيدة حقًّا في السنوات القليلة القادمة».

يقول روجر بينروز، عالم الفيزياء النظرية والرياضيات في جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة، الذي ساعدت أعماله في الستينات على إرساء أساس نظرية الأجسام: «كلما ازدادت الثقوب السوداء التي يرونها ترتطم ببعضها البعض؛ أصبح الأمر أكثر متعة». ويضيف: «صارت لدينا طريقة جديدة فجّة للنظر إلى الكون».

مسألة طاقة

يعلم العلماء منذ عقود أن كل زوج من الأجسام الدائرة يُعَدّ مصدرًا لموجات الجاذبية. وحسب معادلات أينشتاين، فمع كل دوران، تحمل الموجات معها جزءًا صغيرًا من الطاقة الدورانية، ما نتج عنه أنْ تحركت الأجسام لتصبح أقرب قليلًا من بعضها البعض، وزادت سرعة دورانها بعض الشيء. أما بالنسبة إلى الأزواج المألوفة، كالقمر، والكرة الأرضية، فإن فقدان الطاقة بهذا الشكل أمر غير محسوس، حتى على النطاقات الزمنية الممتدة إلى مليارات السنوات.

والأجسام الكثيفة التي تدور في مدارات قريبة للغاية يمكنها أن تفقد الطاقة بشكل أسرع بكثير. ففي عام 1974، قام عالِمَا الفلك الراديوي راسل هالس، وجوزيف تايلور ـ اللذان كانا يعملان آنذاك في جامعة ماساتشوستس في أمهرست ـ بالعثور على نظام كهذا: زوج من النجوم النيوترونية الكثيفة، يدوران حول بعضهما البعض. وبمرور

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ما الذي أَحْدَثَ الموجة؟

أول إشارة تم التقاطها على الإطلاق من قبل مرصد "ليجو" استمرت 0.2 من الثانية فقط، لكنها كانت تحمل مجموعة غنية من المعلومات.

تتناسب عملية المحاكاة تلك بشكل متقارب مع الإشارة المرصودة من قبل مرصد "ليجو"، التي كانت مخفية بفعل ضجيج الخلفية قبيل اندماج الثقوب السوداء بحوالي 0.2 من الثانية.

0.45 0.40 0.35 0.30 0.25
الزمن (ثانية)

1 دوران حلزوني: تذبذبات منتظمة ترجِّح أن مدارات الثقوب السوداء يقترب شكلها من الدائرة التامة.

دوران بمعدل 15 مرة في الثانية

شكل المدارات من أعلى

200 كم

المملكة المتحدة بمقياس الرسم نفسه

2 تسارع: الزيادة السريعة في التردد تبين أن موجات الجاذبية تحمل معها طاقة الثقوب السوداء الدورانية، ما يقربها من بعضها البعض، ويكشف معدل التسارع كتل الثقوب.

الثقب الأسود الثاني
(36 كتلة شمسية)
عرضه حوالي 216 كم

دوران بمعدل 250 مرة في الثانية

الثقب الأسود الأول
(29 كتلة شمسية)
عرضه حوالي 174 كم

3 انخفاض الرنين: تراجُع سريع في الإشارة، يبين أن الأجسام قد اندمجت معًا في ثقب أسود واحد، يشع كميات ضخمة من الطاقة على هيئة موجات جاذبية.

29 + 36 = 65 كتلة شمسية
فقدت 3 كتل شمسية على هيئة موجات جاذبية

4 اندماج: تلاشي الإشارة يشير إلى أن الثقب الأسود الناتج من الاندماج قد استقر في توازن ثابت.

الثقب الأسود الناتج
(62 كتلة شمسية)
عرضه حوالي 372 كم

قد تلتقط مشاهدات مرصد "ليجو" المستقبلية إشارات تغيّرت بفعل ظاهرة التفاف المسطح المداري.

SOURCE: REF. 1/NIK SPENCER/NATURE

أي أقل من حدث اندماج الثقوب السوداء بحوالي 1030 مرة). ويظن الفريقان أيضًا أن الثقب الأسود الناتج ربما كان يدور حول نفسه 100 مرة في الثانية، إلا أن هامش الخطأ في هذا التقدير كان كبيرًا.

وتكشِف كتلتا الثقبين الأسودين المستنتَجَين عن الكثير أيضًا.. فكل جسم منهما يُفترض أنه ليس سوى ما تبقَّى من نجم ضخم للغاية؛ حيث تبلغ كتلة النجم الأكبر حوالي 100 ضعف كتلة الشمس، وتقل كتلة النجم الأصغر عن ذلك قليلًا. وتُعرف التفاعلات النووية الحرارية بقدرتها على تحويل الهيدروجين في مراكز تلك النجوم إلى هيليوم بشكل أسرع بكثير عما يحدث في النجوم الأخف وزنًا، ما يؤدي بهم إلى الانهيار تحت وطأة أوزانها، بعد بضعة ملايين السنين فقط من ميلادها. وتؤدي الطاقة المنبعثة من هذا الانهيار إلى انفجار يُسمى «مستعر أعظم من النوع الثاني»، يخلف وراءه بقايا نواة النجم، التي تتحول بدورها إلى نجم نيوتروني، أو إلى ثقب أسود، إذا كان حجمها ضخمًا بما يكفي.

ويقول العلماء إنه لا يُفترض أن تنتج المستعرات العظمى من النوع الثاني ثقوبًا سوداء، يزيد حجمها كثيرًا عن 30 كتلة شمسية. وقد كان وزن كل من الثقبين المندمجين أقرب إلى الحد الأقصى من هذا النطاق؛ وهو ما بَيَّن أن هذا النظام قد تَشَكَّل من سُحُب الغازات بين النجمية، التي كانت غنية بالهيدروجين والهيليوم بشكل أكبر من تلك التي توجد عادة في مجرّتنا، التي كانت تفتقر إلى العناصر الثقيلة بشكل أكبر أيضًا (يسمِّي الفلكيون تلك العناصر بـ«المعادن»). هذا.. وقد قدَّر علماء الفيزياء الفلكية أن النجوم التي تتكون من مثل تلك السحب منخفضة المعادن، ويسهل عليها غالبًا تكوين ثقوب سوداء ضخمة حين تنفجر، كما أوضح جيس نيليمانز، وهو عالِم فلك في جامعة رادبود نايميخين في هولندا، وأحد أعضاء تعاون مرصد «فيرجو» المطور. فأثناء انفجار مستعر أعظم، تكون الذرات الأصغر أقل عُرضة للانجراف بعيدًا من جرّاء الانفجار. لذا.. «تفقد النجوم ذات التكوين المعدني المنخفض مقدارًا أقل من الكتلة، ومن ثم يذهب الجزء الأكبر من كتلتها إلى الثقب الأسود، بحيث يصبح له الكتلة الابتدائية نفسها للنجم»، كما يقول نيليمانز.

فرق من اثنين

كيف انتهى الحال بهذين الثقبين الأسودين إلى وجودهما معًا في نظام ثنائي؟ في ورقة بحثية[2] نُشرت في التوقيت نفسه لصدور البحث الذي أعلن عن الاكتشاف، قام فريقا العمل الخاصّان بمرصدي «ليجو»، و«فيرجو» بطرح سيناريوهَين للأمر، حَظِيَا بقبول عام.

ينص السيناريو الأبسط منهما على أن نجمين عملاقين وُلدا معًا كنظام نجمي ثنائي، تكوَّنا من السحابة الغازية ذاتها بين النجمية، كبيضة بصفار مزدوج، وهما يقومان بالدوران حول بعضهما البعض منذ ذلك الحين. إنّ تلك النجوم الثنائية شائعة الوجود في مجرّتنا؛ أما النجوم الفردية، كالشمس، فهي الاستثناء، وليست القاعدة. وبعد بضعة ملايين من السنين، لا بد أن أحد النجمين قد احترق وتحوَّل إلى مستعر أعظم، وسرعان ما تبعه النجم الآخر؛ وهو ما نتج عنه ثنائي الثقب الأسود.

أما السيناريو الثاني، فهو أن كل من النجمين تكوَّن بشكل مستقل عن الآخر، وإنْ كان داخل العنقود النجمي الكثيف نفسه، الذي يشبه في الغالب العناقيد الكروية التي تدور حول مجرة درب التبانة. في مثل هذا العنقود، تهبط نجوم عملاقة باتجاه المركز، وقد تشكِّل أنظمة ثنائية، من خلال تفاعلات معقدة مع النجوم الأخف وزنًا، ربما بعد فترة طويلة من تحوُّلها إلى ثقوب سوداء.

أما عمليات المحاكاة التي أجراها سايمون بورتيجيز زوارت، وهو عالِم في الفيزياء الفلكية في جامعة ليدن في هولندا، فتُظهِر[3] أن النجوم العملاقة تتكون على الأرجح في العناقيد الكثيفة، حيث تكون التصادمات وعمليات الاندماج أكثر شيوعًا. كما وجد أنه بمجرد تكوين نظام ثنائي من الثقوب السوداء، تقوم الديناميكيات المعقدة لمركز العنقود ـ على الأرجح ـ بطرد هذا الزوج بعيدًا وبسرعة عالية. وعلى حد قوله، ربما كان النظام الثنائي الذي رصده مرصد «ليجو» المطوَّر يهيم بعيدًا عن أي مجرّة من المجرّات لمليارات السنوات، قبل حدوث الاندماج.

وبالرغم من أن فريقي العمل الخاصَّين بمرصدي «ليجو» و«فيرجو» قد تعلَّما الكثير من الحدث، إلا أن هناك أكثر من ذلك بكثير مما يمكن أن تعلِّمهما إياه موجات الجاذبية، حتى في حالات اندماج الثقوب السوداء. فقد أظهرت أجهزة الكشف أنه بعد عملية الاندماج مباشرة، خمدت الموجات بسرعة، بينما استقر الثقب الأسود الناتج في شكل متماثل. وتتوافق تلك النتائج مع توقعات عالِم الفيزياء النظرية سي. في. فيشفشورا في أوائل السبعينات، حين كانت «موجات الجاذبية والثقوب السوداء تنتميان إلى عالَم الأساطير»، كما يقول. ويضيف الآن ـ وهو المدير الشرفي لقبة «جواهر لال نهرو» السماوية (Jawaharlal Nehru Planetarium) في بنجالور بالهند ـ قائلًا: «في ذلك الوقت، لم أكن أتخيل أن تلك الأسطورة سيتم التحقق منها يومًا ما».

لم يرصد مرصد «ليجو» سوى ما يزيد قليلًا على دورة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

واحدة من موجات «انخفاض الرنين» الخاصة بالحدث، قبل أن تُدفن الإشارة مرة أخرى في ضجيج الخلفية، ولا تكفي تلك البيانات لإجراء اختبار دقيق لتنبؤات فيشفشورا.

ومن المتوقع أن تكون هناك فرصة لإجراء اختبارات أكثر صرامة، إذا ما قام مرصد «ليجو» برصد عمليات اندماج ثقوب سوداء، يفوق حجمها حجم الحدث الحالي، أو تحدث على مسافة أقرب من الكرة الأرضية عن الحدث الأخير ـ الذي يبعد عن الأرض بحوالي 1.3 مليار سنة ضوئية ـ ومن ثم ينشأ عنه موجات «أعلى صوتًا»، يمكنها أن تبقى بارزة وسط الضجيج لفترة أطول.

تقول أليساندرا بونانو ـ وهي واحدة من بين العلماء النظريين بمرصد «ليجو»، ومديرة معهد ماكس بلانك لفيزياء الجاذبية في بوتسدام (جولم) بألمانيا ـ إن الحصول على صورة أكثر تفصيلًا لمرحلة انخفاض الرنين يمكنه أن يكشف عن مدى سرعة دوران الثقب الأسود الناتج، وكذلك عما إذا كانت عملية تكوينه قد أعطته ما يمكن وصفه بركلة الميلاد، التي منحته السرعة العالية.

وإضافة إلى ذلك.. يقول ساثيابراكاش: «نحن في انتظار أنظمة أخف وزنًا، كي تستمر لوقت أطول». ويمكن لمثل تلك الأحداث أن تتضمن إمّا اندماج ثقوب سوداء ثنائية أخف وزنًا، أو نجوم نيوترونية ثنائية، أو ثقب أسود به نجم نيوتروني. وسيرسل كل نوع من تلك الأنواع بصمته الشخصية المميزة، وقد تنتج عنه إشارة يمكنها أن تبقى لعدة دقائق أو أكثر في مستوى أعلى من حدّ حساسية المرصد.

«تتبع إشارة GW150914 ـ إلى حد ما ـ نظامًا تقليديًّا للغاية»، كما يقول تشاد هانا، أحد أعضاء مرصد «ليجو» بجامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفيرسيتي بارك. ويضيف: «إنها جميلة بالطبع، لكنها لا تتضمن كل الأمور الجنونية التي يمكن أن يتوقعها المرء».

براعة في الفضاء

إن إحدى الظواهر التي يتوق ساثيابراكاش إلى رصدها هي ظاهرة التفاف المسطح المداري الخاص بالثقوب السوداء، ما يعني اتخاذ مساراتهم شكل وردة ثلاثية الأبعاد نوعًا ما؛ وهو ما يُعَدّ تأثيرًا أقرب إلى النسبية، ولا يوجد له نظير في نظرية الجاذبية الخاصة بنيوتن. كما يُفترض أن ينتج عن هذه الظاهرة تذبذب مميز في قوة موجات الجاذبية، لكن يحدث هذا الالتفاف فقط عندما يكون لثقبين أسودين محاور دوران تشير إلى اتجاهات عشوائية، ويختفي عندما يصبح مِحْوَرَا الدوران متعامدين على المسطح المداري. ويمكن لذلك أن يقدِّم أدلة حول كيفية تكوين الثقوب السوداء.

إنه لمن الصعب التأكد من ذلك الاحتمال، إذ إنّ عمليات محاكاة المستعرات العظمى تتضمن العديد من الشكوك، لكنْ يظن علماء الفيزياء الفلكية أن الحركات المغزلية المتوازية عمومًا تشير إلى أن النجمين الأصليين وُلِدَا معًا من السحابة الغازية الدورانية نفسها. وهم ـ بالمثل ـ يعتقدون أن الحركات المغزلية العشوائية تنتج عن الثقوب السوداء التي تكونت بشكل منفصل، ثم سقطت لاحقًا في مدارات دائرة حول بعضها البعض. وبمجرد أن تعثر المراصد على مزيد من عمليات الاندماج، سيصبح بمقدورها حينها تحديد أي نوع من الأنظمة يحدث بشكل أكثر تكرارًا.

وعلى الرغم من أن اكتشاف المزيد من الأحداث من شأنه أن يساعد مرصد «ليجو» في القيام بالكثير من الأبحاث العلمية، إلا أن مقاييس التداخل الخاصة مقيَّدة بقيود جوهرية تجعل التعاون مع شبكة عالمية من الكواشف المماثلة ـ التي هي قيد الدخول في حيز العمل حاليًّا ـ أمرًا ضروريًّا.

وبدايةً، فإن مقياسي التداخل الخاصَّين بالمرصد غير كافيين لتمكين العلماء من تحديد مصدر الموجات بدقة. ويمكن للباحثين الحصول على بعض المعلومات، عن طريق مقارنة زمن وصول الإشارة عند كل كاشف، إذ يمكِّنهم الفرق الزمني من حساب اتجاه الموجة، نسبةً إلى خط وهمي مرسوم بين الكاشفين، لكنْ في حالة الحدث المذكور، الذي سَجَّل فارقًا زمنيًّا بلغ 6.9 ملِّي ثانية، فإن حساباتهم حصرت مجال الاحتمالات في شريحة عريضة فقط من سماء الجنوب.

> «أعتقِد أنه المؤشر الأوضح على أن الثقوب السوداء موجودة بالفعل».

ولو كان مرصد «فيرجو» يعمل آنذاك، لكان بإمكان العلماء تقليص الاحتمالات إلى حد كبير، عن طريق مقارنة زمن وصول الموجات في ثلاثة مواقع. وبوجود مقياس تداخل رابع في المستقبل؛ ستتحسن دقة مقاييسهم بشكل كبير، إذ تقوم اليابان الآن ببناء مقياس تحت الأرض، يُدعى كاشف كاميوكا لموجات الجاذبية، ويُسمى اختصارًا «كاجرا» KAGRA، كما تخطط الهند لإنشاء مرصد مشابه لمرصد «ليجو»).

إن التعرف على اتجاه وقوع حدث ما يزيل بدوره واحدًا من أضخم الشكوك حول تحديد المسافة التي تفصله عن الأرض. فالموجات التي تأتي من اتجاه عمودي تمامًا على الكاشف ـ إما من أعلى، أو من أسفل عبر الأرض ـ سيتم تسجيلها بسعتها الفعلية، كما أوضح فولفيو ريتشي، عالِم في مجال الفيزياء بجامعة روما لا سابينزا، والمتحدث الرسمي باسم مرصد «فيرجو». أما الموجات التي تأتي من أي مكان آخر في السماء، فإنها تصدم الكاشف بزاوية، وتُصْدِر إشارة صغيرة إلى حد ما؛ حسب معادلة معروفة. وإضافةً إلى ذلك.. هناك بعض البقع العمياء، حيث لا يمكن رؤية مصدر الموجة من قِبَل أي كاشف على الإطلاق.

لذا.. فإن تحديد الاتجاه يكشف عن سعة الموجات بدقة. وعن طريق مقارنتها بسعة الموجات عند المصدر ـ التي يمكن للباحثين استنتاجها من شكل الإشارة ـ وبمعرفة كيفية انخفاض السعة مع تغير المسافة، التي يحصلون عليها باستخدام نظرية أينشتاين؛ يمكنهم حساب المسافة التي يقع عندها المصدر بدقة أعلى بكثير.

إنّ هذا الموقف تقريبًا هو الأول من نوعه، ففي العادة يتم تقدير المسافات الفلكية بالنظر إلى سطوع أجسام معروفة في مواقع متعددة، بدءًا من المجموعة الشمسية، حتى المجرّات البعيدة، بيد أن سطوع هذه الأجسام الأشبه بالشموع المعيارية يمكن أن يخفت بفعل أشياء موجودة في المنتصف. أما موجات الجاذبية، فهي لا تخضع لمثل هذا القيد.

إطلاق جرس الإنذار

ثمة سبب آخر مهم وراء تطلُّع العلماء إلى الحصول على تقديرات دقيقة لمصدر الموجات. فقد أعدّ فريقًا العمل الخاصّان بمرصدي «ليجو» و«فيرجو» لإعطاء تنبيهات في الزمن الحقيقي تقريبًا لوقوع الأحداث المثيرة لأكثر من 70 فريقًا من علماء الفلك التقليديين، الذين سيستخدمون تليسكوباتهم الضوئية والراديوية والفضائية؛ من أجل رؤية ما إذا كانت تلك الأحداث قد أنتجت أي شكل من أشكال الإشعاع الكهرومغناطيسي، أم لا. وفي المقابل ـ وبالتعاون فيما بين المرصدين ـ سيتم التدقيق في البيانات؛ بحثًا عن موجات الجاذبية التي يمكن أن تكون قد أنتجتها الأحداث المختلفة، مثل انفجارات المستعرات العظمى، التي رصدتها المراصد التقليدية.

وقد حاول حوالي 20 فريقًا متابعةَ الحدث المذكور؛ دون جدوى. فتليسكوب «فيرمي» الفضائي ـ الكاشف لأشعة جاما، والتابع لوكالة «ناسا» ـ كان قد رصد تدفقًا محتملًا لأشعة جاما بعد نحو 0.4 من الثانية، آتيةً من منطقة غامضة، لكنْ متوافقة مع موقع الحدث في سماء الجنوب[4]، إلا أن أغلب المراقبين يعتبرونها الآن مجرد صدفة؛ إذ يمكن لمثل تلك الأشعة من حيث المبدأ أن تكون قد نتجت أثناء تسخين الغاز الذي كان يدور حول الثقوب السوداء الثنائية أثناء عملية الاندماج، حسب قول فيكي كالوجيرا، وهي عالِمة في الفيزياء الفلكية في مرصد «ليجو» بجامعة نورث ويسترن في إيفانستون بولاية إلينوي، وتضيف قائلة إن «توقعاتنا الفيزيائية الفلكية كانت تنص على أن الغاز الناشئ من النجوم ـ التي تكوّن منها ثنائي الثقوب السوداء ـ لا بد أن يكون قد تَفَرَّق منذ زمن؛ فلا ينبغي أن تكون هناك أي كمية ملحوظة من الغاز في الجوار».

ومع ذلك.. فإن المُضِيّ قدمًا في مطابقة موجات الجاذبية مع الموجات الكهرومغناطيسية من شأنه أن يرشد إلى حقبة جديدة في مجال علم الفلك. وعلى وجه الخصوص، من المتوقع أن تنتج عمليات اندماج النجوم النيوترونية تدفقًا بسيطًا من أشعة جاما. وعندها، سيتمكن الباحثون من قياس مدى إزاحة الضوء المنبعث من التدفق نحو الطرف الأحمر من طيف الضوء، وهو ما من شأنه أن يمكِّن علماء الفلك من معرفة سرعة تضاؤل المجرّات المضيفة لتلك النجوم، بسبب تَمَدُّد الكون.

ومن المفترض أن مطابقة الانزياح نحو الأحمر بقياس المسافات التي يتم حسابها ـ من خلال موجات الجاذبية ـ سيقدِّم تقديرات للمعدل الحالي للتمدد الكوني، وذلك ما يُعرف باسم «ثابت هابل» Hubble. وستكون تلك التقديرات مستقلة، وربما أكثر دقة من الحسابات التي تتم باستخدام الأساليب الحالية. يقول هولز: «إذا ما نظرنا من ناحية قياس «ثابت هابل»، فسيكون هذا هو مصدرنا الذهبي».

ويرى فريقًا العمل الخاصّان بمرصدي «ليجو» و«فيرجو» أن فرصتهم في العثور على مزيد من الأحداث من البيانات التي جمعها مرصد «ليجو» حتى الآن تبلغ 90%. وهم واثقون من أنه بانتهاء فترة التشغيل التالية، سيكون قد تم اكتشاف حوالي خمسة أحداث على الأقل، وربما 35 حدثًا بنهاية فترة التشغيل، التي سوف تبدأ في عام 2017.

يقول هولز: «بصراحة، أجد صعوبة بالغة في تصديق أن الكون يفعل تلك الأشياء حقًّا، لكنه ليس خيالًا علميًّا. لقد حدث بالفعل». ■

دافيديه كاستيلفكي مراسل صحفي، يعمل لصالح دورية *Nature* في لندن.

1. Abbott, B. P. *et al. Phys. Rev. Lett.* **116,** 061102 (2016).
2. Abbott, B. P. *et al. Astrophys. J. Lett.* **818,** L22 (2016).
3. Portegies Zwart, S. F., Baumgardt, H., Hut, P., Makino, J. & McMillan, S. L. W. *Nature* **428,** 724–726 (2004).
4. Connaughton, V. *et al.* Preprint at http://arxiv.org/abs/1602.03920 (2016).

السباحة مع تيار «كريسبر»

يحتفي علماءُ الأحياء حاليًّا بقدرات أدوات التحرير الجيني.. وَسِيلَتِهِمْ لاستكشاف الجينوم.

هايدي ليدفورد

كلما نُشر بحث جديد متعلِّق بتقنية «كريسبر-كاس9» CRISPR-Cas9، يصل الخبر سريعًا إلى العاملين بمؤسسة «آدجين» Addgene ـ وهي مؤسسة غير هادفة إلى الربح ـ حيث يقوم معدّو الدراسات بإيداع الأدوات الجزيئية التي استخدموها فيها، ثم يتوجه إليها علماء آخرون على الفور للحصول على هذه الأدوات. تقول جوان كامنز، المدير التنفيذي للمؤسسة في كمبريدج بولاية ماساتشوستس: «نبدأ في تَلَقِّي المكالمات في غضون دقائق من نشر أي بحث ساخن».

تتلقى المؤسسة الكثير من المكالمات منذ أوائل عام 2013، حين ذكر باحثون لأول مرة[1-3] استخدامهم لنظام «كريسبر-كاس9» لتقطيع جينوم الخلايا البشرية في مواقع محددة، حسب الرغبة. تقول كامنز: «انخرط الجميع في العمل»، إذ أسرع علماء الأحياء الجزيئية بِتَبَنِّي التقنية الجديدة، التي يمكن استخدامها لإحداث تغيرات في جينوم



"كريسبر" في كل مكان
عدد خاص من دوريـــة *Nature*
nature.com/crispr

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ILLUSTRATION BY RYAN SNOOK

أي كائن حي تقريبًا، بسهولة ودقة غير مسبوقتين. وقد أرسلت مؤسسة «أدجين» 60,000 أداة جزيئية ذات صلة بتقنية «كريسبر» ـ أي حوالي 17% من إجمالي صادراتها ـ إلى باحثين في 83 بلدًا. كما تخطى عدد مشاهَدات الصفحات الخاصة بها ـ المتعلقة بتلك التقنية ـ مليون مشاهدة في عام 2015.

دار جزء كبير من الأحاديث المتعلقة بتقنية «كريسبر-كاس9» حول قدرتها على علاج الأمراض، أو تحرير جينات الأَجِنّة البشرية، إلا أن الباحثين يقولون إن الثورة الحقيقية الآن تقبع في المختبرات. فما تقدمه تلك التقنية ويرغب فيه علماء الأحياء هو «التخصصية»، أي القدرة على استهداف ودراسة تسلسلات معينة من الحمض النووي ضمن مساحة شاسعة من الجينوم. وما تحرير الحمض النووي سوى عملية من بين عمليات عديدة يمكن استخدام التقنية فيها؛ إذ يعمد العلماء إلى قرصنة الأدوات؛ ليتمكنوا من إرسال البروتينات إلى أهداف محددة في الحمض النووي؛ لتبديل بعض الجينات، أو حتى تصميم دوائر حيوية كاملة، إلى جانب الهدف المرجو طويل الأمد، ألا وهو فَهْم الأنظمة الخلوية والأمراض.

وعن تلك التقنية يقول دانيال باور، المتخصِّص في أمراض الدم بمستشفى بوسطن للأطفال في ولاية ماساتشوستس: «بالنسبة إلى عالم الأحياء الجزيئية العادي، هي حقًّا وسيلة قوية جدًّا لفهم كيفية عمل الجينوم». كما تضيف بيجي فارنهام، المتخصصة في علم الأحياء الجزيئية بجامعة جنوب كاليفورنيا في لوس أنجلوس: «أدَّت التقنية بالفعل إلى زيادة عدد الأسئلة التي يمكن طرحها. إنه أمر ممتع جدًّا».

وهنا، نستعرض خمس طرق، تستطيع من خلالها تقنية «كريسبر-كاس9» تغيير كيفية معالجة علماء الأحياء للخلايا.

مقص مكسور

يتكون نظام «كريسبر-كاس9» من مكوِّنَين أساسيين، هما: إنزيم «كاس9»، الأشبه بمقص جزيئي يقوم بقصّ الحمض النووي، وجزيء صغير من الحمض النووي الريبي، الذي يوجِّه المقص نحو تسلسل معين من الحمض النووي؛ ليقصه هو دون غيره. وفي العموم، تقوم آلية إصلاح الحمض النووي الأصلية الخاصة بالخلية بتصحيح أي قَطْع يحدث، إلا أنها كثيرًا ما تخطئ.

وذلك في حدّ ذاته يقع في مصلحة العلماء الذين يرغبون في تعطيل جين ما؛ لمعرفة وظيفته. فالشفرة الوراثية لا ترحم، إذ يمكن لخطأ طفيف أثناء عملية الإصلاح أن يُحْدِث تغيُّرًا تامًّا في تسلسل البروتين الذي يشفره، أو يوقف إنتاجه كليًّا. وبذلك.. يمكن للعلماء دراسة ما يحدث للخلايا أو الكائنات الحية عند تعطيل بروتين ما، أو جين معين.

إلى جانب ذلك.. هناك مسار إصلاحي مختلف، أحيانًا يصحح القَطْع وفقًّا لقالب الحمض النووي. وبتقديم الباحثين لهذا القالب؛ سيتمكنون من تحرير الجينوم بأي تسلسل يرغبون فيه، وفي أي موقع يختارونه تقريبًا.

في عام 2012، ومع تسابق المختبرات لإثبات مدى فعالية أدوات تحرير الجينات تلك في قصّ الحمض النووي البشري، قرَّر أحد الفرق اتباع نهج مختلف. يقول جوناثان وايزمان، المتخصص في علم الأنظمة الحيوية في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو (UCSF): «أول ما فعلناه كان كَسْر المقص».

تَعَرَّف وايزمان على هذا النهج عن طريق ستانلي تشي، المتخصص في علم الأحياء التخليقية في جامعة ستانفورد في كاليفورنيا، الذي قام بتحوير إنزيم «كاس9»، بحيث يظل يرتبط بالحمض النووي في الموقع الذي يرشده إليه الحمض النووي الريبي الدليل؛ لكن دون أن يقطعه. يتوقّف الإنزيم في الموقع المحدد، ويمنع البروتينات الأخرى من نسخ هذا الحمض النووي في الحمض النووي الريبي. ومن ثم، أتاح لهم هذا النظام المخترق تعطيل أحد الجينات، دون تغيير تسلسل الحمض النووي الخاص به[4].

بعد ذلك، قام الفريق باستخدام إنزيم «كاس9» الميت هذا؛ لتجربة شيء جديد. ربط الباحثون الإنزيم بجزء من بروتين آخر، يحفّز التعبير الجيني. وببضعة تعديلات إضافية، تمكَّنوا من تأسيس طريقة لتفعيل الجينات وتعطيلها حسب الطلب[5].

منذ ذلك الحين، قامت عدة مختبرات بنشر تنويعات من النهج ذاته؛ ويتسابق الكثيرون لتسخيره لأبحاثهم[6] (انظر: «قرصنة «كريسبر»). فأحد التطبيقات الرائجة مثلًا يعمل على توليد مئات الخطوط الخلوية المختلفة بشكل سريع، يحتوي كل منها على حمض نووي ريبي دليل مختلف، يستهدف جينًا محددًا. ويأمل مارتن كامبمان ـ المتخصص في علم الأنظمة الحيوية في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو ـ أن يقوم بفحص مثل هذه الخلايا؛ لمعرفة ما إذا كان تشغيل أو تعطيل جينات معينة يؤثر على وجود الخلايا العصبية المعرَّضة لتجمّعات بروتينية سامة ـ وهي آلية يُعتقد أنها السبب وراء حالات عديدة من التنكّس العصبي، التي تشمل مرض الألزهايمر ـ أم لا. كان كامبمان يجري بالفعل فحوصًا مشابهة، بتداخل الحمض النووي الريبي (RNAi)، وهي تقنية تعمل أيضًا على إسكات بعض الجينات، ويمكنها تصنيع الكثير من الجزيئات على الفور؛ إلا أن لها عيوبًا كذلك. يقول كامبمان: «تُعَدّ تقنية تداخل الحمض النووي الريبي بمثابة بندقية صيد، معروف عنها إحداث تأثيرات بعيدة عن الهدف. أما تقنية ‹كريسبر›، فهي أشبه بالمشرط، الذي يسمح لك بأن تكون محددًا أكثر نحو الهدف».

أما وايزمان وزملاؤه ـ ومن بينهم ويندل ليم، المتخصص في علم الأنظمة الحيوية في جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو ـ فقد قاموا بإجراء تعديلات إضافية على هذا النهج، بحيث يعتمد على حمض نووي ريبي دليل أطول، وبه هياكل ترتبط ببروتينات مختلفة. وهو ما سمح لهم بتفعيل أو تثبيط جينات في ثلاثة مواقع مختلفة، ضمن تجربة واحدة[7]. ويَعتقِد ليم أنه يمكن لهذا النظام أن يتعامل مع ما يصل إلى خمس عمليات في الوقت نفسه. فربما لا يحدّ من الأمر سوى عدد سلاسل الحمض النووي الريبي الدليل، والبروتينات التي يمكن إدخالها في الخلية، حسب قوله. ويضيف: «في النهاية، الأمر كله يتعلق بالحمولة».

ومن ثم، دفعت هذه القوة التوليفية رون ويز ـ المتخصص في علم الأحياء التخليقية في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT) في كمبريدج ـ نحو الانضمام إلى ركب الهوس بتقنية «كريسبر-كاس9»؛ فقام ويز وزملاؤه كذلك بإحداث تعديلات جينية متعددة في تجربة واحدة[8]؛ ما سَرَّعَ وسَهَّل عملية بناء الدارات الحيوية المعقدة، التي تستطيع تحويل آلية التمثيل الغذائي في الخلية إلى مصنع للوقود الحيوي. ويقول: «إن الهدف الأهم لعلم الأحياء التخليقية هو أن تستطيع برمجة السلوك المعقد، عن طريق إنشاء هذه الدارات المتطورة».

«كريسبر» وعوامل الوراثة فوق الجينية

في بداية حياتها المهنية، قررت أخصائية علم الوراثة ماريان روتس العمل على اكتشاف علاجات طبية جديدة؛ فدرست العلاج الجيني، الذي يستهدف الجينات الطافرة في المرض، لكنها بعد بضع سنوات فقط قررت تغيير وجهتها. تقول روتس، التي تعمل الآن في المركز الطبي لجامعة جرونينجن في هولندا: «أدركتُ أن أمراضًا كثيرة تحدث بسبب اضطرابات في التعبير الجيني، وليس الطفرات الجينية المفردة، التي كنتُ مهتمة بها من قبل». فبدلًا من العمل على الجينوم نفسه، بدأت روتس الاتجاه نحو ضبط عوامل الوراثة فوق الجينية، باعتبارها الوسيلة الأفضل للسيطرة على النشاط الجيني.

إن عوامل الوراثة فوق الجينية هي مجموعة مكونة من مركّبات كيميائية مثبتة على الحمض النووي، وبروتينات تغلف الحمض النووي وتُسمى الهيستونات. وتستطيع تلك العوامل التحكم في قدرة الوصول إلى الحمض النووي، فتتيحه للبروتينات اللازمة للتعبير الجيني، أو تحجبه عنها. وبمرور الوقت، تتغير تلك العلامات فوق الجينية، إذ تُضاف وتُزال مع تطور الكائن الحي والتغيرات البيئية من حوله.

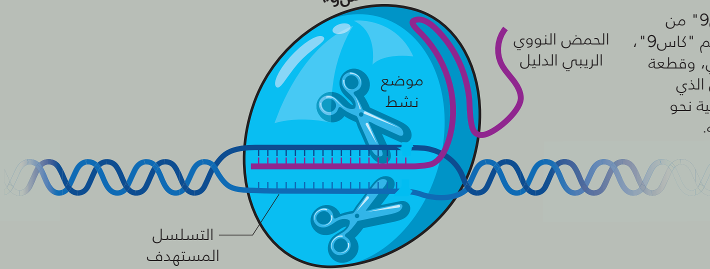
وقد أُنفقت ملايين الدولارات خلال السنوات القليلة الماضية على عملية فهرسة هذه العلامات في الخلايا البشرية المختلفة، كما تم ربط أنماطها بكل شيء، بدءًا من النشاط الدماغي، حتى نمو الأورام، لكنْ من دون القدرة على إحداث تغييرات فيها في مواقع محددة؛ لن يستطيع الباحثون تحديد ما إذا كانت تؤدي إلى تغيرات بيولوجية بالفعل، أم لا. يقول جيريمي داي، وهو عالِم أعصاب في جامعة الآلاباما في برمنجهام: «واجه هذا المجال الكثير من المقاومة، إذ إننا

قرصنة "كريسبر"

من خلال تعديل الآلية الجزيئية التي تغذي عملية التحرير الجيني بواسطة تقنية "كريسبر-كاس9"، سيتمكن العلماء من سبر وظائف الجينات ومنظِّماتها بدقة غير مسبوقة.

قصّ هنا

يتكون نظام "كريسبر-كاس9" من مكونين رئيسين، هما: إنزيم "كاس9"، الذي يقطع الحمض النووي، وقطعة من الحمض النووي الريبي الذي يوجه هذه المقصات الجزيئية نحو التسلسل المطلوب قطعه.



مقص مكسور

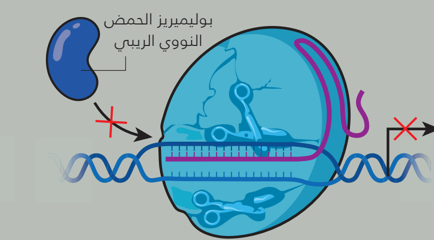
يمكن كسر إنزيم "كاس9" بحيث لا يتمكن من قطع الحمض النووي، لكن بوجود الحمض النووي الريبي الدليل الصحيح، سيظل بوسعه الارتباط بأجزاء معينة من الجينوم.

تثبيط "كريسبر"

سيمنع إنزيم "كاس9" المكسور أو "الميت" عملية ارتباط البروتينات الأخرى المطلوبة للتعبير الجيني، مثل بوليميريز الحمض النووي الريبي.

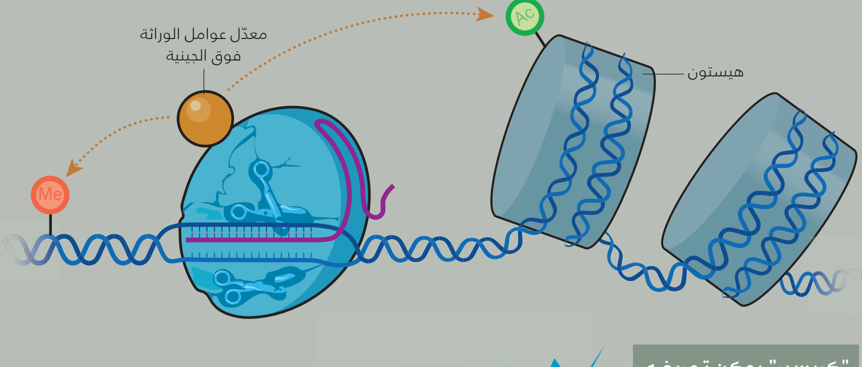
تفعيل "كريسبر"

يمكن ربط بروتين مفعِّل بإنزيم "كاس9" الميت؛ من أجل تحفيز التعبير عن جين معين.



"كريسبر" وعوامل الوراثة فوق الجينية

يمكن ربط إنزيم "كاس9" المكسور بمعدلات عوامل الوراثة فوق الجينية، مثل تلك التي تضيف مجموعات الميثيل (Me) للحمض النووي، أو مجموعات الأسيتيل (Ac) لبروتينات الهيستون. سيتيح ذلك للباحثين دراسة كيف تؤثر التعديلات الموضوعة بدقة على التعبير الجيني، وديناميكيات الحمض النووي.



"كريسبر" يمكن تحريضه

يمكن ربط "كاس9" الميت أو الحي بمفاتيح، ليصبح التحكم فيه ممكنًا من قبل مواد كيميائية معينة، أو - كما هو موضح هنا - بالضوء.

لم نكن نمتلك أنواع الأدوات المتوفرة لدى علماء الوراثة، الذين يستطيعون الدخول واختبار وظيفة الجين مباشرةً».

ومن ثم، يمكن لتقنية «كريسبر-كاس9» أن تغيّر الأمور. في شهر إبريل الماضي، قام تشارلز جيرسبَخ وزملاؤه ـ وهو مهندس بيولوجي في جامعة ديوك في دورهام بولاية كارولينا الشمالية ـ بنشر[9] نظام، يمكن من خلاله إضافة مجموعات من الأسيتيل (وهي أحد أنواع علامات الوراثة فوق الجينية) إلى الهستونات باستخدام المقص المكسور، لحمل الإنزيمات إلى مناطق معينة في الجينوم.

وَجَدَ الفريق بالفعل أن إضافة مجموعات الأسيتيل إلى البروتينات التي ترتبط بالحمض النووي كانت كافية ليزداد تعبير الجينات المستهدفة بشكل كبير جدًّا، ما أكَّد أن النظام يعمل، وأنه كان لعلامات الوراثة فوق الجينية تأثير في هذا الموقع. وبعد نشر البحث، قام جيرسبَخ بإيداع الإنزيم الخاص به في «آدجين»، بحيث تتمكن مجموعات بحثية أخرى من استخدامه، وهو ما حدث على الفور. ويتوقع جيرسبَخ لموجة الأوراق البحثية القادمة أن تُظهِر تأثيرًا تعاونيًّا لمعالجة عدة علامات فوق جينية في الوقت نفسه.

تحتاج تلك الأدوات إلى أن تُعَدَّل حسب الحاجة؛ فبرغم وجود عشرات الإنزيمات التي تستطيع تخليق أو محو علامات الوراثة فوق الجينية في الحمض النووي، إلا أنه لا يمكن إخضاعها جميعها لنهج المقص المكسور. يقول جيرسبَخ: «اتضح أن الأمر أصعب مما توقَّع الكثيرون.. حيث تقوم بإرفاق أشياء كثيرة بإنزيم «كاس9» الميت؛ ولا تجد أيًّا منها يعمل». ويكون من الصعب أحيانًا أن تعرف ما إذا كانت النتيجة غير المتوقعة ناجمة عن عدم نجاح النهج المستخدَم، أم لمجرد أن علامة الوراثة فوق الجينية ليس لها دور في تلك الخلية أو البيئة المعنيّة.

كانت روتس قد قامت باستكشاف وظيفة علامات الوراثة فوق الجينية على الجينات المرتبطة بمرض السرطان باستخدام أدوات تحرير أقدم، تُسمى بروتينات أصابع الزنك؛ أما الآن، فهي تستخدم تقنية «كريسبر-كاس9». وتقول إن تلك الأدوات الجديدة قد أدخلت الديمقراطية إلى المجال؛ ما كان له تأثير كبير بالفعل، إذ اعتقد الناس في السابق أن الارتباطات تحدث مصادفة، كما تقول، حيث إنك إذا أعَدْتَ كتابة علامات الوراثة فوق الجينية؛ لن تجد لها تأثيرًا على التعبير الجيني. وأضافت: «أما الآن، إذ أصبح اختبارها أسهل بعض الشيء، يقوم الكثيرون بالانضمام إلى المجال».

«كريسبر» لفك الشفرات

إن علامات الوراثة فوق الجينية الموجودة على الحمض النووي ليست هي الرمز الجينومي الوحيد الذي لم يتم كسره بعد، فأكثر من 98% من الجينوم البشري لا يرمِّز لأي بروتين، إلا أن الباحثين يعتقدون أن جزءًا كبيرًا منه يؤدي دورًا مهمًّا، وهم يستخدمون تقنية «كريسبر-كاس9» لمعرفة هذا الدور.

بعض تلك التسلسلات يرمِّز لجزيئات من الحمض النووي الريبي ـ مثل النوع الميكروي منها، والنوع الطويل غير المرمِّز إلى شيء ـ يُعتقد أن لها وظائف أخرى غير تصنيع البروتينات؛ بينما تعمل تسلسلات أخرى كمعزِّزات للتعبير الجيني لبعض الجينات. وتقع غالبية تسلسلات الحمض النووي المرتبطة باحتمال الإصابة بالأمراض الشائعة في مناطق الجينوم التي تحتوي على حمض نووي ريبي غير مرمِّز، وتلك التي تحتوي على معزِّزات. وكان من الصعب على الباحثين قبل ظهور تقنية «كريسبر-كاس9» معرفة أدوار تلك التسلسلات. يقول باور: «لم تكن لدينا وسيلة جيدة لاكتشاف وظائف أجزاء الجينوم غير المرمِّز. والآن، أصبحت تجاربنا أعقد مما سبق بكثير».

تَستعمِل فارنهام وزملاؤها تقنية «كريسبر-كاس9»؛ لحذف مناطق التعزيز التي وُجدت طافرة في الدراسات الجينومية لسرطانات البروستاتا والقولون. وقد فاجأتها النتائج في بعض الأحيان.. ففي تجربة غير منشورة، قام فريقها بحذف معزِّز، كان يُعتقَد أنه مهم، ومع ذلك.. لم يتغير التعبير الجيني في أي جين ضمن المليون قاعدة الخاصة به. وتقول حول ذلك: «إن تصنيفنا لقوة أحد العناصر التنظيمية لا يتوافق مع ما يحدث عندما يتم حذف هذا العنصر».

ومع استخدام الباحثين للتقنية في سبر مساحات كبيرة من الحمض النووي التنظيمي، ربما تنتظرنا مفاجآت أكثر. فقد قامت فِرَق بحثية ـ يقودها المتخصص في علم الوراثة ديفيد جيفورد في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، وريتشارد شيروود في مستشفى بريجهام والنساء في بوسطن ـ باستخدام هذه التقنية؛ لإحداث طفرات على مدى تسلسل مكوَّن من 40,000 حرف، ثم بحثوا فيما إذا كان لكل تغيير تأثير على نشاط أي جين قريب ينتج بروتينًا مشعًّا[10]. وقد نتجت عن ذلك خريطة لتسلسلات الحمض النووي، عزّزت التعبير الجيني، وعددًا من التسلسلات التي لم يتم توقُّعها على أساس الملامح التنظيمية للجين، مثل تعديلات الكروماتين.

إن الخوض في خبايا هذه المادة المبهمة يحمل في طياته تحديات عدة، حتى مع استخدام تقنية «كريسبر-كاس9». حيث يقوم إنزيم «كاس9» بالقص في الموقع الذي يمليه عليه الحمض النووي الريبي الدليل، فقط في حال وجود تسلسل معين شائع من الحمض النووي بالقرب من موقع القص. ويشكل ذلك بعض الصعوبة للباحثين الذين يريدون إسكات جين ما، إذ إن التسلسلات الرئيسة تُوجد تقريبًا دائمًا في مكان ما فيه. أما بالنسبة إلى أولئك الذين يرغبون في إجراء تغييرات محددة جدًّا للأحماض النووية الريبية القصيرة غير المرمِّزة، فإن الخيارات قد تكون محدودة. يقول روفين أجامي، وهو باحث في المعهد الهولندي للسرطان في أمستردام: «لا يمكننا أَخْذ أي تسلسل وحسب».

يجوب الباحثون المملكة البكتيرية بحثًا عن أقارب لإنزيم «كاس9»، تستطيع التعرف على تسلسلات مختلفة. ففي العام الماضي، قام مختبر فنج تشان ـ وهو مهندس بيولوجي في معهد برود، التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا وجامعة هارفارد في كمبريدج ـ باكتشاف أسرة من الإنزيمات، تُدعى Cpf1، تعمل بطريقة مماثلة لإنزيم «كاس9»، ويمكنها توسيع خيارات التسلسلات[11]، إلا أن أجامي قد ذكر أن عددًا قليلًا فقط من الإنزيمات البديلة المُكتشَفة حتى الآن يعمل بالجودة نفسها لإنزيم «كاس9» الأكثر شعبية. وهو يأمل في المستقبل أن تصبح لديه مجموعة كاملة من الإنزيمات التي يمكن توجيهها نحو أي موقع في الجينوم.. ويقول: «لم نصل هناك بعد».

«كريسبر» يرى النور

يقوم مختبر جرسبَخ باستخدام أدوات تحرير الجينات، ضمن محاولة لفهم مصير الخلايا، وكيفية التلاعب بها، إذ يأمل الفريق أن يتمكن في يوم من الأيام من إنماء الأنسجة في طبق المختبر لفحص الأدوية وإنتاج علاجات خلوية، لكن تأثيرات تقنية «كريسبر-كاس9» دائمة، بينما احتاج فريق جرسبَخ إلى تفعيل الجينات وتعطيلها بشكل عابر، وفي مواقع محددة جدًّا في الأنسجة. ويقول جرسبَخ: «يتطلب توجيه وعاء دموي للنمو بنمط معين درجة عالية من التحكم».

لذا.. قام جرسبَخ وزملاؤه بإضافة بروتينات مفعَّلة بالضوء الأزرق إلى مقصهم المعدّل المكسور، وهو إنزيم «كاس9» الذي يمكنه تنشيط الجينات. يحفِّز الجهاز الناتج التعبير الجيني عند تعريض الخلايا للضوء، ويوقفه عند إطفاء الضوء[12]. ومن ثم، قامت مجموعةٌ يقودها موريتوشي ساتو ـ المتخصص في علم الأحياء الكيميائية في جامعة طوكيو ـ بتجهيز نظام مماثل[13]، كما قاموا بصنع إنزيم نشط من نوع «كاس9»، لا يقوم بتحرير الجينوم، إلا بعد تسليط الضوء الأزرق عليه[14].

وعن طريق الجمع بين «كريسبر» ومفتاح كيميائي، توصَّل آخرون أيضًا إلى نتائج مماثلة.. فمثلًا، أراد لوكاس داو ـ المتخصص في علم الوراثة السرطاني في كلية طب وايل كورنيل في مدينة نيويورك ـ أن يُحْدِث طفرات في الجينات المرتبطة بالسرطان في الفئران البالغة، بغرض إعادة إنتاج الطفرات التي تم اكتشافها في سرطانات القولون والمستقيم في الإنسان. فقام فريقه بتصميم نظام يتبع تقنية «كريسبر-كاس9»، تقوم فيه جرعة من مركّب دوكسيسيكلين بتفعيل إنزيم «كاس9»، سامِحَةً له بقطع المناطق التي يستهدفها[15].

يأمل الباحثون في مزج ومواءمة أدوات «كريسبر-كاس9» الجديدة، من أجل إجراء معالجة دقيقة للجينوم، وعوامل الوراثة فوق الجينية في النماذج الحيوانية. يقول داو: «تكمن القوة الحقيقية في دمج تلك النظم مع بعضها». وهو ما قد يسمح للعلماء باستكشاف وفهْم بعض التعقيد الموجود في الأمراض البشرية الشائعة.

فإذا ما نظرتَ إلى الأورام التي قد تحمل عشرات الطفرات التي قد تسهم في نشوء مرض السرطان، فستجد أنها «في الغالب ليس لكل منها دور مهم في نمذجة الورم»، كما يقول داو.. «لكن من الواضح جدًّا أنك ستحتاج إلى طفرتين، أو ثلاث، أو أربع؛ لتتمكن حقًّا من نمذجة أحد الأمراض الشرسة، وتقترب من نمذجة مرض السرطان البشري». كما يضيف قائلًا إن إحداث كل تلك الطفرات في الفأر بالنهج القديم كان سيكلف الكثير، بل ويستغرق وقتًا طويلًا.

وفي العام الماضي، قام باتريك سو ـ وهو مهندس بيولوجي ـ بإنشاء مختبر له في «معهد سالك للدراسات

«تمنيتُ لو كنتُ أملك هذه التقنية قبل ذلك؛ لِأَخْتَصِر الوقتَ الذي قضيتُه في مرحلة ما بعد الدكتوراة».

تُعَدّ تلك الأدوات بمثابة خطوة أخرى نحو التحكم الدقيق في عملية تحرير الجينوم، إلا أن فريق جرسبَخ لم يتمكن بعد من توجيه نمط نمو الأوعية الدموية؛ إذ يعمل الفريق في الوقت الحالي على تحسين كفاءة نظامهم القابل للتحريض بالضوء. ويقول جرسبَخ: «هذه هي أداة الجيل الأول فحسب».

نموذج «كريسبر»

قضى وِن زُوِي ـ باحث في مرض السرطان ـ السنوات الأولى من مساره المهني في مرحلة ما بعد الدكتوراة في تخليق فأر معدّل وراثيًّا، يحمل طفرة توجد في بعض أنواع سرطان الكبد في الإنسان. وقد عمل بكدّ في تصنيع الأدوات اللازمة لاستهداف الجينات، وإدخالها في الخلايا الجذعية الجنينية، ومن ثم محاولة استيلاد فئران حاملة للطفرة؛ وقد كلّفه الأمر عامًا من العمل، ومبلغًا قدره 20,000 دولار أمريكي. يقول زُوِي: «كانت هذه هي الخطوة الأبطأ في دراسة جينات المرض».

بعد عدة سنوات من ذلك، وبينما كان على وشك الشروع في تجربة أخرى على فأر معدل وراثيًّا، اقترح عليه موجِّهه أن يجرب تقنية «كريسبر-كاس9». هذه المرة، طلب زوي الأدوات وحسب، وقام بحَقْنها في أجنة فأرية وحيدة الخلية؛ وبعد بضعة أسابيع، تحقق المطلوب. يقول زوي: «حصلنا على الفأر في غضون شهر واحد. وكنت أتمنى لو كنتُ أملك هذه التقنية قبل ذلك؛ لأختصر الوقت الذي قضيته في مرحلة ما بعد الدكتوراة».

ومِن أجل تخليق نماذج حيوانية للأمراض المختلفة، يُقْبِل الباحثون المنخرطون في دراسة كل شيء ـ بداية من السرطان، حتى التنكس العصبي ـ على تقنية «كريسبر-كاس9»؛ حيث تتيح لهم أن ينتجوا مزيدًا من الحيوانات المعدلة، بطرق أكثر تعقيدًا، وفي نطاق أوسع من الأنواع. أما زوي، الذي يدير الآن مختبره الخاص في كلية الطب بجامعة ماساتشوستس في ورسستر، فهو يعمل على غربلة بيانات الجينومات الورمية بشكل منهجي، مستخدِمًا تقنية «كريسبر-كاس9» لنمذجة الطفرات التي تحدث في الخلايا التي تنمو في المزارع وفي الحيوانات.

البيولوجية» في لاهويا بولاية كاليفورنيا، يهدف إلى استخدام التحرير الجيني لنمذجة حالات التنكس العصبي، مثل مرض الألزهايمر، ومرض باركنسون في مزارع خلوية، وقرد القشة الأمريكي. من شأن هذا العمل أن يُلخِّص سلوكيات الإنسان وتطور المرض بشكل أكثر فعالية من النماذج الفأرية؛ لكنه قبل ظهور تقنية «كريسبر-كاس9»، كان سيتكلّف الكثير من الأموال، ويستغرق وقتًا طويلًا جدًّا.

وحتى أثناء قيامه بتصميم تجارب هندسة وراثية لإعداد المجموعة الأولى من قردة القشة باستخدام تقنية «كريسبر-كاس9»، كان سو يدرك أن هذا النهج قد يكون مجرد نقطة انطلاق إلى المرحلة التالية. ويقول: «تتبدل التقنيات باستمرار؛ فلا يمكنك الارتباط بواحدة منها إلى الأبد». ويضيف: «يجب عليك أن تظل تبحث دائمًا عن المشكلات البيولوجية التي تحتاج إلى حلّ». ■

هايدي ليدفورد مراسل أول لصالح دورية *Nature* في كمبريدج، ماساتشوستس.

1. Cong, L. *et al. Science* **339,** 819–823 (2013).
2. Mali, P. *et al. Science* **339,** 823–826 (2013).
3. Jinek, M. *et al. eLife* **2,** e00471 (2013).
4. Qi, L. S. *et al. Cell* **152,** 1173–1183 (2013).
5. Gilbert, L. A. *et al. Cell* **159,** 647–661 (2014).
6. Dominguez, A. A., Lim, W. A. & Qi, L. S. *Nature Rev. Mol. Cell. Biol.* **17,** 5–15 (2016).
7. Zalatan, J. G. *et al. Cell* **160,** 339–350 (2015).
8. Kiani, S. *et al. Nature Meth.* **11,** 723–726 (2014).
9. Hilton, I. B. *et al. Nature Biotechnol.* **33,** 510–517 (2015).
10. Rajagopal, N. *et al. Nature Biotechnol.* **34,** 167–174 (2016).
11. Zetsche, B. *et al. Cell* **163,** 759–771 (2015).
12. Polstein, L. R. & Gersbach, C. A. *Nature Chem. Biol.* **11,** 198–200 (2015).
13. Nihongaki, Y., Yamamoto, S., Kawano, F., Suzuki, H. & Sato, M. *Chem. Biol.* **22,** 169–174 (2015).
14. Nihongaki, Y., Kawano, F., Nakajima, T. & Sato, M. *Nature Biotechnol.* **33,** 755–760 (2015).
15. Dow, L. E. *et al. Nature Biotechnol.* **33,** 390–394 (2015).

رحلة البحث عن كوكب غامض

يبحث العلماء عن عالَم غير مرئي، عند حافة المنظومة الشمسية.



يتطلع عالِم الفلك سكوت شيبارد سريعًا إلى قائمة المراجعة الخاصة به، بينما يعدّ نفسه لقضاء ليلة طويلة في التحديق في السماء، من خلال تليسكوب «سوبارو» Subaru، الموجود على قمة مونا كيا في جُزُر هاواي. الهواء فوق القمة صاف، والتليسكوب يعمل بسلاسة، وقُرْصه الصلب ذو الذاكرة البالغة 3 تيرا بايت مفرغ وجاهز لاستقبال فيض البيانات الجديدة خلال الساعات القادمة.

على أحد جدران حجرة الرصد ثلاث ساعات حائط، تُظْهِر اثنتان منها التوقيت المحلي لجُزُر هاواي، ولمدينة طوكيو، والثالثة تُظْهِر التوقيت العالمي المنسق. وتُظْهِر الشاشات أي تغيرات طفيفة تحدث في الطقس فوق القمة؛ مثل اتجاه الريح، ودرجة الحرارة، ومستويات الرطوبة المخيفة، التي يمكنها إذا

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

يبحث عالِم الفلك سكوت شيبارد ـ بشكل منهجي ـ عن أجسام بعيدة؛ قد يكون أيٌّ منها هو «كوكب إكس» المراوغ.

> «إذا كان هذا الجسم الكبير موجودًا بالفعل، فسيغيِّر نظرتنا إلى المنظومة الشمسية بشكل جوهري».

CHRIS MADDALONI/NATURE

ارتفعت أن تُنهي أمر ليلة الرصد تلك، التي كانت مقررة في شهر نوفمبر الماضي، إلا أن الظروف الآن تكاد تكون مثالية، خاصة فيما يتعلق بخاصية «الرؤية» - وهي معيار قياس لمقدار الثبات الذي تبدو عليه النجوم في أفق أعلى. إنّ «مقدار الرؤية 0.55»، كما يقول ديفيد ثولين، وهو عالِم فلك يعمل في جامعة هاواي في مانوا. ويردّ العضو الثالث في الفريق، تشاد تروجيللو ـ الذي يعمل في مرصد جيميني في هيلو في هاواي ـ قائلًا: «لا يتحسّن الأمر عن ذلك كثيرًا». وإذ يبدو الطقس واعدًا، يقوم شيبارد ـ الذي يعمل في معهد كارنيجي للعلوم بواشنطن العاصمة ـ بإخراج دفتر ملاحظاته، ويبدأ في وضع خطط عامة للساعات العشر التالية.

في الوقت ما بين غروب الشمس وفجر اليوم التالي، سيقوم شيبارد ـ بشكل منهجي ـ بتوجيه مرآة تليسكوب سوبارو الضخمة البالغة 8.2 متر، وهي واحدة من أكبر المرايا في العالم، لتحقّق بعمق في بقعة معينة من السماء؛ ثم تنتقل إلى بقاع أخرى بالتتابع. وبعد مرور عدة ساعات، سيعيد شيبارد النظر إلى البقاع نفسها مرة ثانية وثالثة. وبمقارنة الصور الناتجة، يمكن رصد الأجسام التي تتحرك قليلًا جدًّا على مدار عدة ساعات. تمثل تلك الأجسام عوالم أبعد من كوكب بلوتو، في أطراف المنظومة الشمسية؛ حيث مملكة «كوكب إكس» المنشود منذ زمن.

كان لدى شيبارد فكرة مسبقة عن البقعة التي يجب أن يبحث فيها. ومن بين أهدافه لتلك الليلة التقاط صور جديدة لجسم كان قد رآه لأول مرة قبل شهر مضى. في تمام الساعة 9:20 مساءً، يوجه شيبارد تليسكوب سوبارو نحو بقعة قريبة من كوكبة برج «الحمل»، حيث يعتقد أن الجسم المعني يقع فيها؛ ثم يكرر ذلك في الساعة 10:46 من ذات الليلة. تنبعث اللقطات من التليسكوب، ثم يبدأ ثولين بمعالجتها. وبعد بضع دقائق، يومئ إلى شيبارد لينظر إلى شاشته الرمادية، حيث تظهر نقطة لونها باهت، تقفز في مجال النجوم الموجودة في الخلفية حين يتنقل ثولين بين الصورتين؛ ويقول: «ها هو ذاك.. لقد حصلتَ عليه».

يردّ شيبارد: «تمامًا حيث يجب أن يكون». كان ذلك هو الجسم نفسه الذي رآه في السابق، كان مُدوَّنًا في دفتر ملاحظاته: في صورة على الرقاقة الحاسوبية رقم 104، في الحقل رقم 776، اكتشفا جسمًا يبعد 90 وحدة فلكية (AU) ـ أي 90 ضعفًا من المسافة بين الأرض والشمس. لم يتضح حجم الجسم بعد، وإنْ كانت له أهمية علمية؛ إلا أنه أحد أبعد العوالم التي شوهدت في المنظومة الشمسية على الإطلاق.

كان علماء الفلك قد اكتشفوا أكثر من 2,000 كوكب خارجي حول نجوم أخرى، في الغالب باستخدام أساليب غير مباشرة؛ تكشف التغيرات التي تحدث في النجم البعيد، لكن تظل المناطق الأبعد في منظومتنا الشمسية غير مُستكشَفة إلى حدٍّ كبير.. فالتقنيات غير المباشرة لن تعمل في جوارنا النجمي، والأجسام الموجودة في ضواحي الشمس البعيدة خافتة للغاية، حتى إنها لا يمكن أن تُرى إلا بالتليسكوبات الأقوى في العالم. أما شيبارد وتروجيللو، فكانا يتسارعان لإيجاد العوالم شديدة البرودة، التي يُعتقد أنها تسكن تلك المنطقة النائية. والآن، نحن بصدد اكتشاف، قد يكون هو الاكتشاف العظيم الأخير في المنظومة الشمسية: كوكب أكبر من الأرض، ربما يدور متأرجحًا حول الشمس في مدار أبعد بكثير عن كوكب بلوتو.

ظل مقترَح وجود «كوكب إكس» يجري تداوله على مدى أكثر من قرن من الزمن، إلا أن تلك الفرضيات كانت دائمًا ما تتلاشى إثر إجراء تمحيص أدقّ في الأمر، لكن في عام 2014، أعاد تروجيللو وشيبارد إحياء فكرة وجود الكوكب الافتراضي، وذلك على أساس مدارات بعض الأجسام البعيدة للغاية[1]. وفي شهر يناير الماضي، تلقَّت الفكرة دفعة جديدة داعمة، إذ قام عالِمان فلكيان يعملان في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (كالتك - Caltech) في باسادينا بإجراء حسابات أكثر دقة؛ للكشف عن موقع الكوكب في المنظومة الشمسية[2]. وأطلقا عليه اسم «الكوكب التاسع»، في إشارة غير مباشرة إلى أمر خفض مرتبة كوكب بلوتو من كوكب إلى كوكب قزم في عام 2006.

يتجه السعي القائم الآن نحو العثور على هذا الكوكب التاسع، أو على أي كواكب أرضية أخرى فائقة الحجم وغير مرئية، ربما تتوارى في مكانٍ ما في مدارات أخرى. ومن المرجح أن يَكشف البحث عن رؤى جوهرية في كيفية تكوُّن المنظومة الشمسية قبل 4.6 مليار سنة، وكيفية تطورها منذ ذلك الحين. يقول شيبارد: «إذا كان هذا الجسم الكبير موجودًا بالفعل؛ فسيغير رؤيتنا إلى المنظومة الشمسية بشكل جوهري. إنه اكتشاف بمعنى الكلمة».

منطقة مجهولة

مع البدء في تعقُّب العوالم البعيدة، كان شيبارد وتروجيللو يأملان أن يسيرا على خطى علماء فلك آخرين أسطوريين. ففي عام 1846، رأى الألماني يوهان جاله كوكب نبتون للمرة الأولى، وهو الكوكب الثامن، على مسافة تبلغ نحو 30 وحدة فلكية، تمامًا حيث كان متوقعًا أن يكون وفقًا لحسابات أجريت لكيفية تَسَبُّبه لاضطرابات في جاذبية كوكب أورانوس. وفي عام 1930، عَثَر عالِم الفلك الأمريكي كلايد تومبو على كوكب بلوتو في مدار على مسافة تبلغ 40 وحدة فلكية. وفي عام 1992، اكتشف عالِما الفلك ديفيد جُويت ـ الذي كان يعمل في جامعة هاواي في ذلك الوقت ـ وجين لوو ـ الذي كان يعمل في جامعة كاليفورنيا في بركلي ـ جسمًا أبعد من بلوتو؛ وهنا شَرَعا في استكشاف منطقة في الفضاء، تُسمى «حزام كايبر»[3].

ومنذ ذلك الوقت، عثر علماء الفلك على آلاف الأجسام الخاصة بحزام كايبر، وهي بمثابة عوالم ثلجية صغيرة تشبه كوكب بلوتو، تتفاوت في بُعْدها عن الشمس فيما بين 30 و50 وحدة فلكية؛ وتقع فيما وراء ذلك مناطق غير مستكشَفة بعد. في بعض الأحيان، يُطلق عليها العلماء اسم «حزام كايبر الخارجي»، أو «حزام سحابة أورت الداخلية»، وهي المنطقة التالية للمنظومة الشمسية، التي يُعتقد أنها تمتد إلى نحو 100 ألف وحدة فلكية على الأقل. ومن جانبه، يقول ميج شوامب، عالِم الفلك المتخصص في الكواكب في أكاديمية سينيكا في تايبيه: «لا يزال هناك جزء ضخم من المنظومة الشمسية، لم نفهمه تمامًا بعد». ويضيف: «هذه المنطقة هي إحدى المناطق المتبقية التي لم تُستكشف حتى الآن»، وكان ذلك هو سبب شروع شيبارد وتروجيللو في البحث فيها.

التقى شيبارد وتروجيللو أثناء مرحلة الدراسات العليا في جامعة هاواي، حيث كان جُويت موجِّههما. عملا معًا في البحث عن أجسام حزام كايبر، ثم شَرَعا في استقصاء منهجي للبحث عن عوالم أبعد؛ وهما الفريق الوحيد الذي يبحث بشكل دوري ومستمر عن الأجسام الأكثر تطرفًا. يقول تروجيللو: «قد يكون هناك عدد هائل من الأجسام، «وهو ما يدفعنا إلى القيام بالبحث».

بحلول عام 2012، كان الاثنان يستخدمان أضخم تليسكوبات استطاعا الحصول عليها، وتتضمن كاميرات ذات مجال واسع؛ تُمَكِّنهما من رؤية أكبر مساحة ممكنة من السماء. ومن خلال كاميرا الطاقة المظلمة، الموضوعة على قمة تليسكوب في شيلي، يبلغ طوله 4 أمتار، حصل شيبارد وتروجيللو على نتيجة على الفور تقريبًا. وفي ليلة الرصد الأولى لهما، رَصَدا جسمًا يتحرك ببطء شديد، ما يعني أنه لا بد أن يكون موجودًا على مسافة بعيدة. وبانبهار.. قام الاثنان برصد حركة الجسم على مدار عام كامل؛ وحصلا منه على بيانات تكفيهم لحساب مداره.

من خلال تلك الحسابات، وجد شيبارد وتروجيللو أن أقرب مسافة لهذا الجسم من الشمس (وهو مقياس يُسمى «الحضيض») هي 80 وحدة فلكية؛ أي أنه يقع فيما وراء كتلة حزام كايبر. وبذلك.. فهو الجسم ذو الحضيض الأبعد المكتشَف حتى الآن، ويتجاوز حضيض الكوكب القزم «سِدنا» Sedna، الذي يبلغ 76 وحدة فلكية.

أُعلن عن اكتشاف هذا الجسم ـ الذي سُمي VP113 2012 ـ في ورقة[1] بحثية نُشرت في دورية *Nature*، كما تبعته إطالة في المدد التي يقضيها العلماء في عملية الرصد باستخدام تليسكوبات كبيرة. وفي عام 2014، أمضى شيبارد وتروجيللو الليالي الأولى لهما في مرصد سوبارو، الذي يديره المرصد القومي الفلكي الياباني، ومثبَّت فيه كاميرا ضخمة من نوع «هايبر سوبريم كام» Hyper Suprime-Cam. إن هذا الجمع بين تليسكوب كبير وكاميرا ذات مجال واسع، يجعل من مرصد سوبارو المكان الأفضل في العالم لمسح نطاقات ضخمة من السماء، بحثًا عن أجسام خافتة.

يعمل علماء كثيرون مع مرصد سوبارو عن بُعْد، إذ يظلون عند مستوى سطح البحر في هيلو، ويتواصلون مع مشغِّلي التليسكوب من خلال مؤتمرات الفيديو عبر الإنترنت. تعفيهم هذه الطريقة من الانتقال عبر رحلة مدّتها ساعتان إلى قمة مونا كيا، على ارتفاع 4,200 متر، حيث يقل الأكسجين في الجو بنسبة 40%؛ ما يجعل الكثيرين يُصابون بالدُّوار والصداع، أو مشكلات صحية أكثر خطورة في بعض الأحيان.

أما شيبارد، فيميل إلى المشاركة الفعالة في توجيه عمليات الرصد؛ ولذا.. فهو يذهب دائمًا بنفسه. يبقى يقظًا طوال الليل، ولا يَستخدِم مجسّ الأكسجين أبدًا لمعرفة مدى تعايشه مع ظروف الارتفاع. يمتلئ دفتره بالملاحظات، التي منها: رقم الحقل، ورقم الشريحة، ومدة التعريض. ويقوم بإعادة تنظيم الأهداف فورًا، مُعِيدًا ترتيب ما ينظر إليه؛ بغية تحسين الفواصل الزمنية بين الحقول.

تحدِّق مرآة التليسكوب الضخمة في السماء، جامعةً الفوتونات، ويظهر العدّ التنازلي لمدد التعريض بأرقام خضراء كبيرة على شاشة حاسوب. ومع انتهاء كل عرض، ينطلق صوت إنذار يشبه صوت ساعة الوقواق، ومن ثم يملي شيبارد على مشغِّل التليسكوب المكان التالي الذي يريده أن يوجه الكاميرا نحوه.

كل ليلة رصد جيدة تملأ حاسوب شيبارد النقال بالبيانات. ولتحديد العوالم المحتملة البعيدة، يَستخدِم الباحثون برنامجًا صنعه تروجيللو لالتقاط الأجسام المتنقلة بين الأطر المختلفة للمجال النجمي نفسه، لكن نظرًا إلى أن البرنامج يعطي عددًا من النتائج الإيجابية الكاذبة، فتجب مراجعة كل حقل يدويًّا أيضًا. يدقق شيبارد في كل عرض يظهر، محدِّقًا في النقاط الخافتة التي أحاطها البرنامج بدوائر برتقالية، كي يقرر إذا كانت تمثل جسمًا بعيدًا ضمن المنظومة الشمسية، أم شيئًا آخر ـ كويكبًا ـ أم علامة لأشعة كونية.

يمضي عبر آلاف العروض، إطار تلو آخر، كما لو كان يلعب لعبة فيديو. يقول: «مشاهدة الصور أمرٌ ممتع. إنك لا تعرف ما الذي ستراه مع كل صورة.. فقد تحوي الصورة التالية الكوكب المنتظَر».

> «إنكَ لا تعرف ما الذي ستراه مع كل صورة.. فقد تحوي الصورة التالية الكوكبَ الأرضيَّ المنتظَر».

إنّ بطء حركة الأجسام يمثل العامل الأهم هنا. فنسبيًّا، تقع الكويكبات بالقرب من الأرض، ويمكن لموقعها في السماء أن ينزاح بمقدار 30 ثانية قوسية، أو 0.008 درجة كل ساعة. أما أجسام حزام كايبر ـ وهي أبعد بكثير ـ فتقطع حوالي 3 ثوان قوسية من السماء كل ساعة. وأي شيء أبطأ من ذلك لا بد أن يكون أبعد من كتلة حزام كايبر؛ وهذا هو ما يثير اهتمام فريق البحث.

لذا.. لتحديد مدار أي جسم ومسافة حضيضه، يجب على العلماء تكرار عملية رصده على مدار عام كامل. فمجرد كونه بعيدًا في لحظة اكتشافه لا يعني أنه ذو أهمية علمية. على سبيل المثال.. الجسم الذي رآه شيبارد على بعد 90 وحدة فلكية في شهر نوفمبر الماضي، ربما كان وقتها في نقطته الأقرب من الشمس. في هذه الحالة، قد يشكل اكتشاف فاصل، من حيث كونه يقع في منطقة أبعد من «سِدنا»، ومن VP113 2012، لكن إذا كان يقرِّبه مساره من الشمس بدرجة كبيرة، ربما حتى 40 وحدة فلكية؛ يجعله ذلك أقل إثارة؛ إذ إن مسافة حضيضه ستضعه فعليًّا داخل حدود حزام كايبر، ما يعني أنه مجرد جسم آخر عادي من أجسام الحزام، وليس أحد العوالم المتطرفة المنشودة.

ينطبق الشيء نفسه على جسم عَثر عليه العلماء على مسافة 103 وحدات فلكية في شهر نوفمبر الماضي، وهو أبعد جسم جرى رصده على الإطلاق. وسوف تمر عدة أشهر، قبل أن يعرفوا إذا كان ذلك الجسم سوف يظل موجودًا في المنظومة الشمسية الخارجية، أم أنه سوف ينحرف إلى الداخل مع الوصول إلى حضيضه.

هذا.. وتظل أكثر الاكتشافات إغراءً حتى الآن هي اكتشاف الكوكب التاسع المفترَض. فبناءً على مدارات VP113 2012، و«سِدْنا»، اقترح تروجيللو وشيبارد في ورقة بحثية قاما بنشرها في دورية *Nature* في عام 2014 أن يكون هناك كوكب أرضي فائق الحجم غير مرئي، متوارٍ على بعد 250 وحدة فلكية تقريبًا. وفي شهر يناير الماضي، قام كونستانتين باتيجين، ومايك براون ـ من معهد كالتك ـ بمقارنة مداري الجسمين، وأربعة أجسام بعيدة أخرى من أجسام حزام كايبر؛ بغرض تضييق نطاق حسابات الموضع الذي يمكن أن يكون فيه مثل هذا الكوكب.

تشترك الأجسام الستة في الخاصية المدارية نفسها، وهي أنها مع مرورها بأقرب نقطة للشمس، تتحرك من الشمال إلى الجنوب، نسبةً إلى مسطح المنظومة الشمسية. فإذا لم تكن ثمة علاقة فيما بين تلك الأجسام، لم تكن لتشترك في الاتجاه نفسه. وتدور نقطة النقاش الأخرى حول كون الأجسام الستة تتجمع في الفضاء أيضًا (انظر: «هناك في الفضاء»). يقول باتيجين: «جميعها تتجه نحو الاتجاه نفسه، وتميل بالزاوية نفسها. إنه أمر غريب».

يجادل باتيجين وبراون حول وجوب أن يكون الكوكب التاسع غير المرئي هو الذي يوجه تلك الأجسام نحو تلك التجمعات، إذ إنّ كتلته قد تبلغ ما بين 5 و10 أضعاف كتلة الأرض، وربما يتحرك في مدار يقربه من الشمس لمسافة قد تصل إلى 200 وحدة فلكية، ويبعده عنها بمسافة قد تصل إلى 1,200 وحدة فلكية.

البحث عن الكوكب التاسع

يقول النقاد إنّ الجدل القائم مبني على حفنة فقط من أجسام حزام كايبر. «إنه عدد إحصائي صغير جدًّا»، كما يقول ديفيد نيسفورني، وهو عالِم متخصص في الكواكب في معهد ساوث ويست البحثي في بولدر بكولورادو؛ إلا أنه يرى الفكرة مثيرة. ويضيف: «يقع الأمر عند حافة قابلية التصديق؛ تمامًا كما يجب على العلم أن يكون».

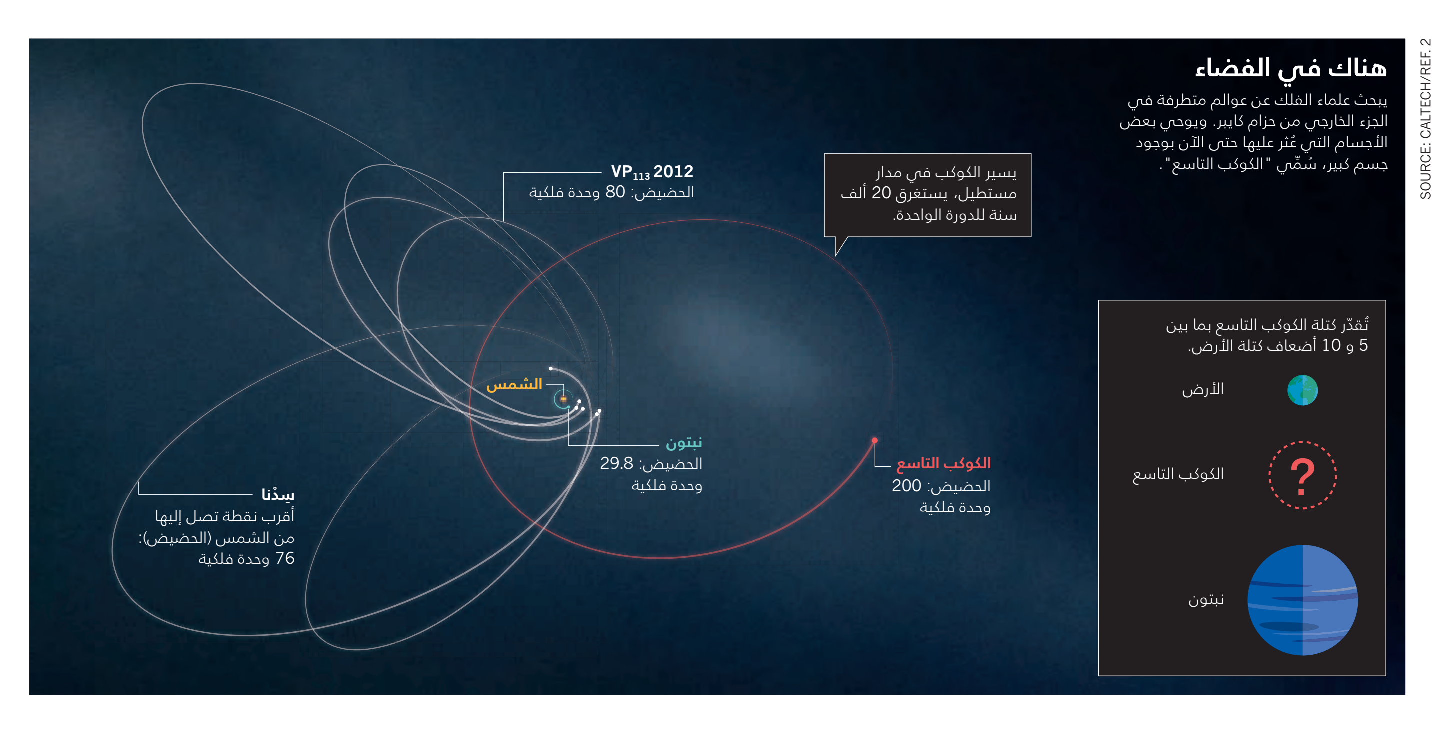
يُجْري علماء فلك كثيرون حاليًّا حساباتهم الخاصة؛ لتقدير احتمالات وجود الكوكب التاسع في ذلك المدار المحدد، ولاكتشاف أين يمكن أن يكون، إنْ لم يكن هناك. تعمل سامانثا لولر ـ من المجلس القومي للبحوث-هرتزبرج في فيكتوريا بكندا ـ مع ناثان كَيْب ـ من جامعة أوكلاهوما في نورمان ـ على استقصاء كيف يمكن لوجود كوكب أرضي فائق الحجم أن يؤثر في مدارات كثير من أجسام حزام كايبر. وتوحي نتائجهما الأولية بأنه لو كان ثمة كوكب تاسع؛ لكان قد وكز مدارات أجسام حزام كايبر بشكل لم يحدث في الواقع.

إن الكوكب التاسع «فكرة جيدة، وقد تكون عظيمة حقًّا، إذا كانت حقيقية»، كما تقول لولر.. «لكن عليك أن تكون حذرًا للغاية».

وقد تأتي إجابات من مشروع قائم، يُعرف باسم «استقصاء أصل المنظومة الشمسية الخارجية»، و(يُسمى اختصارًا: OSSOS)، تُديره مجموعة من المحققين. يعمل المشروع على إيجاد ودراسة جميع أجسام حزام كايبر القابلة للرصد ضمن بقعة صغيرة من السماء بتفاصيل مدهشة، من خلال تعقُّب مداراتها، وتصنيف ألوانها، وما غير ذلك. وقد يتمكن هذا العمل من استبعاد وجود الكوكب التاسع المفترَض من جانب باتيجين وبراون، إذا عثر مشروع OSSOS على جسم بعيد في منطقةٍ، كان من المفترَض أن يكون وجود الكوكب المقترح قد أفْرَغَها من أي أجسام أخرى.

وقد اقترح علماء آخرون طرقًا بديلة للبحث عن الكوكب التاسع، مثل معاينة بيانات صادرة من مركبة الفضاء «كاسّيني» Cassini، تدور حول كوكب زحل، بغية رؤية إذا كان مدار الكوكب قد اضطرب قليلًا، أم لا، أو استخدام تليسكوبات كونية في القطب الجنوبي؛ لرصد أي إشعاع خافت يصدر من الكوكب. ومع استمرار شيبارد وتروجيللو في عملية المسح المنهجي للسماء، فإنهما يوليان اهتمامًا خاصًا للمناطق التي ذكر باتيجين وبراون أن الكوكب يمكن أن يكون فيها. كما تتعقبه كذلك ثنائي معهد كالتك (باتيجين، وبراون) باستخدام مرصد سوبارو. تقول رينو مالهوترا، عالِمة نظرية في جامعة أريزونا في توسون: «سوف أُذْهَل، إذا لم يكن ثمة كوكب هناك»، إذ قدَّمت هي وزملاؤها من خلال ورقة بحثية موضوعة على خادم ما قبل الطباعة arXiv، تحليلًا جديدًا[4] للمكان الذي يمكن لكوكب أرضي فائق الحجم أن يتوارى فيه، ذلك في مدار مختلف عن مدار الكوكب التاسع الذي طرحه باتيجين، وبراون. يستخدم فريق مالهوترا أربعة أجسام متطرفة من أجسام حزام كايبر؛ لاقتراح أن كوكبًا غير مرئي يدور حول الشمس كل 17,000 سنة.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



وحتى لو كان للكوكب وجود، فسيتطلب الأمر بعض الحظ للعثور عليه باستخدام التكنولوجيا الموجودة حاليًّا. فلتتمكن إحدى الفرق من رصد الجسم، حيث يجب أن يكون حجمه أقرب إلى الحجم الأكبر المُقدَّر، أو أن يكون جسمًا انعكاسيًّا جدًّا، أو يدور في مدار قريب نسبيًّا. وإذا كان الكوكب صغيرًا جدًّا ومظلمًا وبعيدًا، فقد لا يُرى أبدًا من الأرض. تقول مالهوترا: «إن الأمر أسوأ من البحث عن إبرة في كومة قش. إنه أشبه بالبحث عن طرف إبرة مكسور في كومة قش».

قصة كوكب

إن السؤال الأكثر جوهرية من السؤال حول وجود الكوكب التاسع، هو: ما الذي تقوله الأجسام البعيدة عن تطور الكواكب بشكل أكثر عمومية؟ فرضت الاكتشافات السابقة ـ كاكتشاف «سِدْنا»، واكتشاف VP113 2012 ـ إعادة نظر جذرية في قوى الجاذبية التي تشكل الأجزاء الخارجية من المنظومة الشمسية.

وحين عثر العلماء على أجسام حزام كايبر لأول مرة في التسعينات، وأدركوا أن بلوتو ليس سوى واحد منها، شَرَعوا في رسم صورة لمملكة الفضاء الغامضة تلك. بدا حزام كايبر ممتدًّا بشكل منتظم، بدءًا من حوالي 30 وحدة فلكية، حتى 50 وحدة فلكية، وتدور غالبية الأجسام فيه في مدارات مهيبة حول الشمس. أما تلك الأجسام التي كانت غريبة بعض الشيء، وتتنقل بعدم انتظام لمسطح المنظومة الشمسية، أو أحيانًا لمسافات أبعد، فيمكن أن تُفسَّر من خلال تفاعلات الجاذبية مع كوكب نبتون.

أمّا «سِدْنا»، وVP113 2012، فهما لا يتوافقان مع هذا النموذج البسيط، إذ إنهما أبعد بكثير عن الشمس من أن يكونا قد تفاعلا بكثرة مع نبتون. وفجأة، وجد العلماء النظريون أنفسهم مجبرين على مواجهة السؤال الدائر حول الكيفية التي وصل بها الجسمان إلى مداريهما الحاليين. كان من المُعتقَد أن جميع الكواكب المعروفة في المنظومة الشمسية ـ بجانب أجسام حزام كايبر ـ قد تكثفت من قرص من الغاز والغبار، التف حول الشمس حديثة الولادة قبل 4.6 مليار سنة، إلا أن «سِدْنا»، والأجسام الأخرى الواقعة فيما وراء كتلة حزام كايبر في الغالب لم تنشأ حيث هي اليوم، لأنه ببساطة لم يكن ثمة غاز وغبار بما يكفي في تلك المناطق البعيدة جدًّا؛ لتتكون تلك العوالم الضخمة.

تتلخص إحدى الأفكار المتعلقة بالأمر في كونهما قد قُذفا إلى هناك بسبب معركة جاذبية مع كواكب بدائية أخرى أقرب للشمس، خلال عشرات ملايين السنين الأولى من عمر المنظومة الشمسية، بينما تنص نظرية أخرى على أن جاذبية نجم عابر كانت قد سحبت الأجزاء الخارجية من قرص تكوين الكواكب، ومن ثم سحبت الكواكب الناشئة إلى مدارات مستطيلة، حيث بقيت حتى اليوم.

وإذا كان الكوكب التاسع موجودًا بالفعل، فقد يزيد من تعقيد الصورة، إذ سيعني وجوده أن مداري «سِدْنا»، وVP113 2012 لم يتحددا منذ البداية، بل جرى تشكيلهما باستمرار حتى يومنا هذا، بواسطة جاذبية الكوكب التاسع التي تشدّهما. وسيتطلب الأمر من العلماء النظريين إعادة صياغة أفكارهم حول كيفية تفاعل عوالم المنظومة الشمسية العديدة خلال الـ4.6 مليار سنة الماضية. تقول مالهوترا: «إنه لمن الصعب توقُّع الاتجاه الذي سوف يذهب فيه خيالنا».

كما قد يساعد فهْم حزام كايبر البعيد علماءَ الفلك على مقارنة منظومتنا الشمسية بمنظومات كوكبية حول نجوم أخرى. ويشير براون إلى أن أحد أكثر أنواع الكواكب الخارجية شيوعًا هو كوكب مفقود من منظومتنا الشمسية، وهو بمثابة عالَم، كتلته أكبر من كتلة الأرض، وأقل من كتلة نبتون؛ أي أنه يقع في نطاق حجم الكوكب التاسع المفترَض. ويقول: «ربما نستطيع رؤية ما يمكن أن يبدو عليه فعلًا هذا النوع من الكواكب».

أما الآن، فإن أفضل ما يمكن للعلماء فعله للإجابة عن هذه الأسئلة هو العثور على عوالم بعيدة ومتطرفة أكثر؛ وهو سبب استمرار شيبارد وتروجيللو في العمل في شيلي وهاواي، حيث قاما بتغطية أقل من 10% فقط من مساحة السماء التي ينويان دراستها.

وهناك، على قمة مونا كيا، يمضي شيبارد ليلة الرصد في تسجيل حقل تلو آخر، دون راحة. وبحلول الساعة 4:45 صباحًا، تزيد عتمة الجو فوق القمة قليلًا، ويبدأ شيبارد في زيادة مُدَد التعريض. وفي الساعة 5:25، يتجه نحو وحدة مؤتمرات الفيديو، ويتصل بزميله في هيلو: «تشاد، هل أنت هناك؟ تم تلقي الحقول كلها». وهنا، تبدأ السماء في السطوع فوق مرصد سوبارو، لكن لا يتسنى لشيبارد الاستمتاع بالمشهد الساحر لشروق الشمس على جُزُر هاواي، فهو لا يخرج من حجرة الرصد، حيث يظل منشغلًا بجدولة حقوله الـ33 التي حصل عليها هذه الليلة؛ فأي منها يمكن أن يحتوي على جسم جديد متطرف ضمن أجسام حزام كايبر، أو على الكوكب التاسع.

وبعد السابعة صباحًا، تقل فريقَ الرصد عربتان رياضيتان، تنطلقان على الطريق الصخري المنحدر من قمة مونا كيا، ولا يبدأ شيبارد في الاسترخاء إلا مع جلوسه لتناول الفطور في المسكن المخصص لعلماء الفلك في أسفل الجبل، على مسافة 1,360 مترًا من القمة. يتناول شيبارد وثولين طعامهما بسرعة، ثم ينسحبان إلى الغرف ذات الستائر السوداء، ليناما حتى الظهر.

كان شيبارد ذو الأربعين عامًا قد سأل طبيبه من قبل عن إجهاد العينين، وما إذا كان سيتمكن من الاستمرار في النظر إلى حقول النجوم إلى الأبد، أم لا.. فقد أخذ هو وتروجيللو على عاتقيهما مهمة العثور على عشرة أجسام ضمن سحابة «أورت» الداخلية، يعتقدان أنها ستمكِّنهما من البدء في اختبار أفكار حول كيفية تكوُّن تلك الأجسام وتطورها. وهو ما يعني قضاء ليالٍ طويلة عديدة عند التليسكوب.

يقول شيبارد: «إذا تحول الأمر إلى ما يشبه جمع الطوابع البريدية؛ سنتوقف. أمّا في الوقت الحالي، فكل اكتشاف جديد يصنع فرقًا كبيرًا في محاولة فهْم ما يحدث هناك». ■

ألكسندرا ويتز تكتب لصالح دورية *Nature* من بولدر، كولورادو. ولعدم استطاعتها البقاء مستيقظة لليلة كاملة، فقد أخذت قيلولة في مرصد سوبارو.

1. Trujillo, C. A. & Sheppard, S. S. *Nature* **507,** 471–474 (2014).
2. Batygin, K. & Brown, M. E. *Astron. J.* **151,** 22 (2016).
3. Jewitt, D. & Luu, J. *Nature* **362,** 730–732 (1993).
4. Malhotra, R., Volk, K. & Wang, X. Preprint at http://arxiv.org/abs/1603.02196v2 (2016).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

UMICORE

العمال في أوميكور في بروكسل وهم يَفصِلون المعادن الثمينة عن النفايات الإلكترونية.

الاقتصاد الدائري

يوضح **والتر ستاهل** أنه يمكن لعلاقة جديدة أن تنشأ بيننا وبين السلع والخامات؛ من أجل تحقيق حفظ للموارد والطاقة؛ وخلق فرص عمل محلية.

عندما قاربَتْ فترة استخدامي لسيارتي البالية من طراز «تويوتا»، موديل 1969، حوالي ثلاثين عامًا، قررتُ عندها أنه لا بد من إعادة تصنيع هيكلها. وبالفعل، بعد شهرين و100 ساعة من العمل، استعادت السيارة رونقها الأول نفسه؛ وعَلَّقَ جاري عند رؤيتها قائلًا: «أنا سعيد، لأنك اشتريت سيارة جديدة أخيرًا». هكذا، لا تزال الجودة مرتبطة بما هو جديد، أكثر من ارتباطها بالعناية، ولا يزال الاستعمال طويل الأمد غير مرغوب فيه، ولا يُنظَر إليه كاستخدام أمثل للموارد.

وفي الدورات التي تزخر بها الطبيعة ـ مثل دورة الماء، والعناصر الغذائية ـ تصبح المخلَّفات مصادر للآخرين. ومع ذلك.. لا يزال الإنسان يتعامل وفق نهج «صَنِّعْ، استهلِكْ، تَخَلَّصْ»، حتى إننا نجد حوالي ثلث النفايات البلاستيكية على الصعيد العالمي لا يتم التخلص منها، ولا الاستفادة منها[1].

هناك بديل لهذا الوضع.. فمِن شأن الاقتصاد الدائري أن يحوِّل السلع التي وصلت إلى نهاية عمرها الخدمي إلى موارد لسلع أخرى، مما يؤدي إلى إتمام حلقات النظم البيئية الصناعية، والتقليل من النفايات (انظر: إغلاق الفجوات). وتطبيق هذا النهج سيغيِّر من التفكير الاقتصادي، لأنه يستبدل الإنتاج بالاكتفاء، كما يلي: إعادة استخدام ما يمكن استخدامه، وإعادة تدوير ما لا يمكن استخدامه مجددًا، وإصلاح المكسور، وإعادة تصنيع ما لا يمكن إصلاحه. وقد خلصت إحدى الدراسات ـ التي أُجريت على سبع دول أوروبية ـ إلى أن التحول إلى الاقتصاد الدائري من شأنه أن يقلِّل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في كل دولة بنسبة تصل إلى 70%، كما أنه يسهم في زيادة قوة العمل لديها بنحو 4%، وهو ما يميز الاقتصاد الهادف إلى تخفيض الكربون إلى أقصى حد ممكن (انظر: go.nature.com/biecsc).

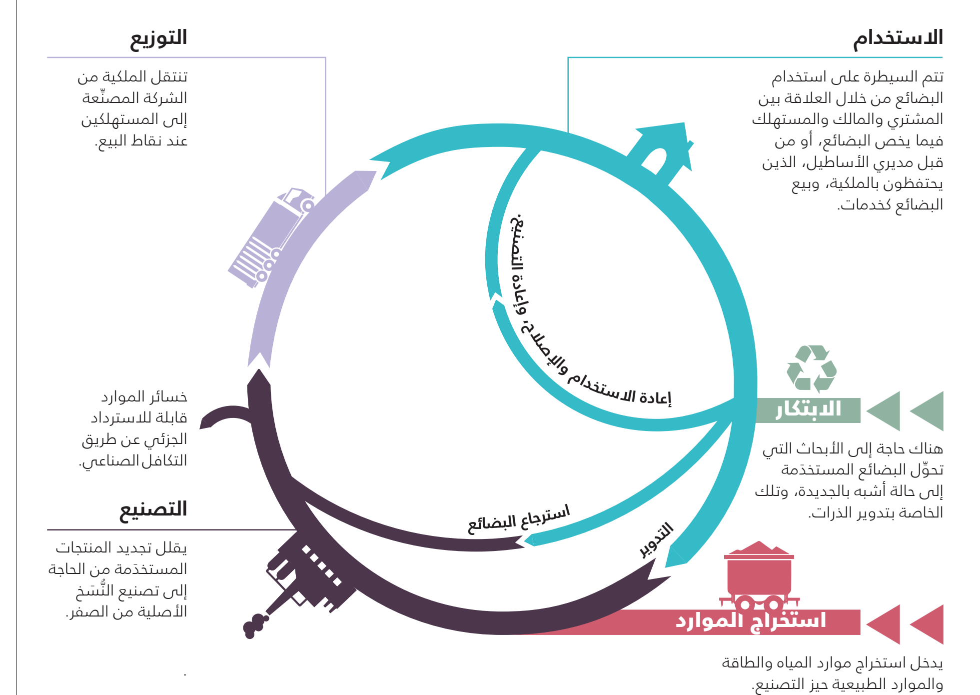
ولقد نشأ مفهوم الاقتصاد الدائري من إحلال القوى العاملة كبديل عن الطاقة، التي وُصفت لأول مرة منذ أربعين عامًا في تقرير[2] أرسلناه أنا وجنيفياف ريدي مولفي إلى المفوضية الأوروبية، عندما كنا نعمل في مركز أبحاث باتيل في جنيف في سويسرا. وحين شهدت بدايات السبعينات ارتفاعًا في كل من أسعار الطاقة ومعدلات البطالة، عرفتُ حينها ـ كمهندس معماري ـ أن تجديد المباني يتطلب جهدًا كبيرًا، وموارد أقل، مقارنةً بما يلزم لإنشاء مبانٍ جديدة. وينطبق هذا المبدأ على أي مخزون، أو رأسمال، بدءًا من الهواتف النقالة، وصولًا إلى الأراضي الصالحة للزراعة، والتراث الثقافي.

وتندرج نماذج أعمال الاقتصاد الدائري ضمن مجموعتين: تلك التي تدعم إعادة استخدام وإطالة العمر الخدمي، من خلال عمليات الإصلاح، وإعادة التصنيع، والتحديثات، والتعديلات الإصلاحية، وتلك التي تحوِّل البضائع القديمة إلى موارد أشبه ما تكون بالجديدة، عن طريق إعادة تدوير المواد. ويُعتبَر ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إغلاق الفجوات

يمكن أن يساعد استخدام الموارد لأطول وقت ممكن على تخفيض انبعاثات بعض الدول "بنسبة تصل إلى 70%، وزيادة القوى العاملة لديها بنسبة 4%، كما تسهم ـ إلى حد كبير ـ في التخفيف من النفايات.



الجمهور من كافة الأعمار والمهارات هو المحور الرئيس في هذا النموذج، حيث تفتح الملكيةُ الطريقَ للإدارة؛ ويصبح المستهلكون مستخدمين ومبدعين[3]. كما تخلق إعادة التصنيع وإصلاح البضائع القديمة والمباني والبِنَى التحتية وظائف تتطلب وجود مهارات في ورشات العمل المحلية، وهنا يمكن الاستفادة من تجارب العمال المكتسَبة من أعمالهم السابقة.

هذا.. ولكنْ كان لغياب الألفة والخوف من المجهول اليد العليا في بطء وتيرة تقدُّم الاقتصاد الدائري. وكمفهوم شامل، يصطدم الاقتصاد الدائري مع الأوساط الأكاديمية، والشركات، والإدارات. فبالنسبة إلى الاقتصاديين العاملين في إجمالي الاستثمارات الثابتة «GDP»، يُعتبر مفهوم جمْع الثروة عن طريق ديمومة الأشياء هو أمر مختلف عما تَعَلَّموه، فبينما يقيس إجمالي الاستثمارات الثابتة التدفقَ المالي على مدى فترة من الزمن؛ يعمل الاقتصادُ الدائري على حفظ المخزون المادي، لكن هذا من شأنه أن يتغير، فمخاوفنا بشأن أمن الموارد والأخلاق والسلامة ـ فضلًا عن خفْض غازات الاحتباس الحراري ـ غَيَّرَت من رؤيتنا للمواد، وأصبحنا نرى فيها أصولًا يتوجب الحفاظ عليها، بدلًا من الاستمرار في استهلاكها.

وفي العقد المنصرم، بدأت كوريا الجنوبية، والصين، والولايات المتحدة بإجراء برامج بحثية؛ لدعم نظم الاقتصاد الدائري، من خلال تعزيز إعادة التصنيع، وإعادة الاستخدام. وتخطو أوروبا خطوات صغيرة في هذا المجال، ففي عام 2014، نشرت المؤسسة السويدية للبحوث الاستراتيجية البيئية «ميسترا»، وبرنامج الاتحاد الأوروبي «هورايزون 2020» دعوتهما الأولى لتقديم مقترحات الاقتصاد الدائري. وقد قدمت المفوضيةُ الأوروبية البرنامجَ المتكامل للاقتصاد الدائري للبرلمان الأوروبي في ديسمبر الماضي. ومنذ عام 2010، عملت مؤسسة «ماك آرثر إلين» ـ التي أسَّستها مجموعة «yachtswoman» حول العالم ـ على تعزيز الوعي بالاقتصاد الدائري بين المصنِّعين وصانعي السياسات. وفي عام 1990، طبقت مفاهيم الاقتصاد الدائري بنجاح على مقاييس صغيرة في المجمعات الصناعية البيئية، مثل مجمع كلوندبورج التضامني في الدنمارك، وفي الشركات، مثل: «زيروكس»، التي تقوم ببيع وحدات البضائع كخدمات، و«كاتربيلر»، التي تقوم بإعادة التصنيع، مستخدِمةً محركات الديزل، و«اتحاد الأثاث التركيبي» USM. ويُعتبر بيع الخدمات بدلًا من السلع شائعًا في الفنادق، وفي وسائل النقل العام، التي يتوجب أن تصبح اتجاهًا سائدًا في عالم المستهلك.

ويُبْدِي عددٌ قليل من الباحثين اهتمامًا بهذا المجال. وعلى الرغم من أن التميز في العلوم المعدنية والكيميائية شرط أساسي لاقتصاد دائري ناجح، إلا أنه لا يوجد سوى عدد قليل من الأبحاث المتعلقة بإيجاد طرق لتفكيك المواد التي تمتزج على المستوى الذري، فمثلًا يضم هيكل سيارة حديثة أكثر من اثنتي عشرة قطعة من الصلب والألومنيوم، التي لا بد من استرجاع كل منها.

وتتركز معارف الاقتصاد الدائري في الصناعات الكبيرة، وبشكل متفرق عبر المؤسسات متوسطة الحجم والصغيرة. ولا بد من نقل مبادئ الاقتصاد الدائري إلى نطاق التدريب الأكاديمي والمهني. ولن تحدث خطوة «تغيير» واسع النطاق، إلا عندما تتمكن الشركات الصغيرة والمتوسطة من توظيف الخريجين الذين يمتلكون الخبرة الفنية الاقتصادية والتقنية؛ لتغيير نماذج الأعمال. كما ينبغي أن تكيِّف الحكومات والهيئات التنظيمية سياساتها، بما في ذلك الضرائب؛ لتعزيز الاقتصاد الدائري في مجال الصناعة. كما يتوجب على العلماء أن يمعنوا النظر في الأفق؛ بحثًا عن الابتكارات التي يمكن أن تسجَّل كبراءة اختراع؛ لتمهيد الطريق لقفزات أكبر في مجال انشطارالجزيئات؛ لإعادة تدوير الذرات.



نُظُم التفكير

هناك ثلاثة أنواع من الاقتصاد الصناعي: الخَطِّي، والدائري، واقتصاد الأداء.

يشبه الاقتصاد الخَطِّي انسياب النهر، وفيه تتحول الموارد الطبيعية إلى مواد أساسية ومنتجات للبيع، من خلال سلسلة من الخطوات التي تحقِّق مبدأ القيمة المضافة. وفي لحظة البيع، تنتقل الملكية والالتزامات المالية من المخاطر والنفايات إلى المشترِي (الذي يصبح عندها المالكَ والمستخدِم). ويقرِّر المالكُ ما إذا كان سيعيد استخدام الإطارات القديمة مجددًا، أم سيتم تدويرها، أو التخلص منها، كما في الصنادل، والحِبال، أو مُمْتَصَّات الصدمة. ويُدَارالاقتصاد الخطي بمتلازمة «الأكبر، والأفضل، والأسرع، والأكثر أمنًا»، وبعبارة أخرى.. بالموضة، والعاطفة، والتقدُّم. كما أنه يُعتبر فعالًا في التغلب على مشكلة نقص المؤن، ولكنه يُعتبر تبذيرًا عند استخدام الموارد في الأسواق المشبَّعة في كثير من الأحيان، حيث تكسب الشركاتُ المالَ عن طريق بيع كميات كبيرة من السلع الرخيصة والمثيرة.

أما الاقتصاد الدائري، فيشبه البحيرة، حيث تولِّد عملية إعادة معالجة السلع والمواد فرصَ عمل، كما أنها توفر الطاقة عندما تحدّ من استهلاك الموارد والنفايات. فعلى سبيل المثال.. إنّ تنظيف زجاجة واستخدامها مرة أخرى أسرع وأرخص من إعادة تدويرها، أو صنع أخرى جديدة من المعادن. ويمكن لمالكي المركبات أن يقرروا ما إذا كانوا سيصلحون إطاراتهم المستعملة، أم سيعيدون تحزيزها، أم سيشترون إطارات جديدة، أم أنهم سيستخدمون البدائل المتاحة، وذلك في حال وجود مثل هذه الخدمات. وبدلًا من التخلص من الإطارات المستعمَلة، يقوم مديرو النفايات بجمْعها، وبيعها لمَن يدفع أكثر.

والنوع الثالث والأخير هو اقتصاد الأداء، الذي يتخطى حدود الاقتصادين الخَطِّي، والدائري، من خلال بيع السلع ـ أو الجزيئات ـ كخدمات، عن طريق الإيجار، أو نماذج الأعمال القائمة على الإيجار والمشارَكة[4,5]. ويحتفِظ المُصَنِّع بملكية المنتَج وموارده المشمولة، وبالتالي فهو يتحمل مسؤولية تكاليف المخاطر والنفايات. ويركِّز اقتصاد الأداء على الحلول، بدلًا من المنتجات، بالإضافة إلى التصميم، وإعادة استخدامها، كما أنه يكسب أرباحه عن طريق «الاكتفاء»، مثل منع النفايات. فعلى سبيل المثال.. باعت شركة «ميشلين» Michelin منذ عام 2007 إطارات السيارات المستخدَمة وفق «عدد الأميال» إلى مشغِّلي أساطيل المركبات. وقد طَوَّرت الشركة ورشات متنقلة؛ لإصلاح وتحزيز الإطارات في مقر العملاء؛ هادفةً بذلك إلى تطوير المنتجات بعُمْر خدمي أطول. وقد أرسلت الإطارات التالفة إلى مصانع شركة «ميشلين» الإقليمية؛ ليتم تجديدها، وإعادة استخدامها. وتَستخدِم الشركة السويسرية «إيليت» الاستراتيجية نفسها في مفارش الفنادق، كما تقدِّم شركات تأجير النسيج الزيّ الرسمي، ومنسوجات

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

GONZALO FUENTES/REUTERS

الفنادق والمستشفيات، والمناديل الصناعية كخدمة.

وتَعتمِد إدارة النفايات التقليدية على تخفيض تكاليف جمع النفايات، والتخلص منها، كطَمْر النفايات، مقابل إعادة التدوير، أو مقابل الحرق، لكنْ يهدف الاقتصاد الدائري إلى تعظيم القيمة عند كل مرحلة من استثمار المنتَج، ويسعى إلى إنشاء وظائف جديدة، وإلى وجود أنظمة في كل خطوة.

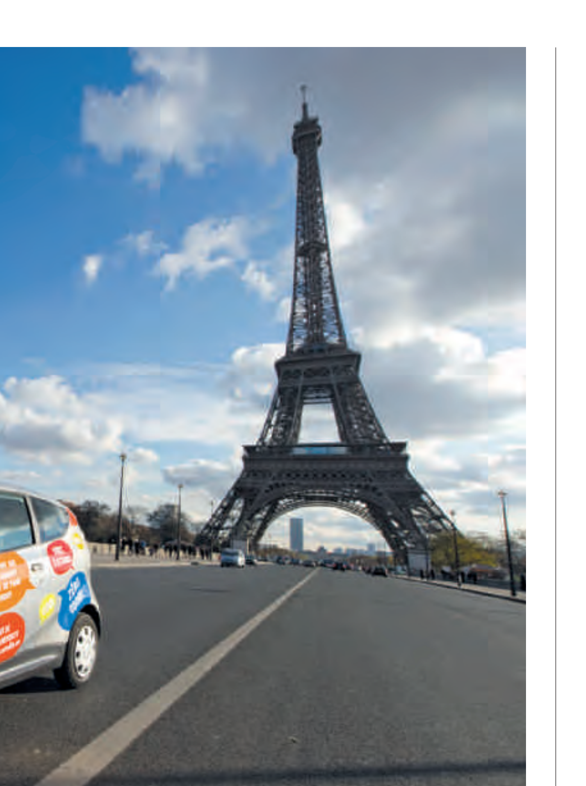
ولا بد من وجود الأسواق التجارية ومراكز للتجميع؛ كي يتمكَّن المستخدمون والشركات المصنِّعة من استعادة ـ أو إعادة شراء ـ الملابس البالية، والزجاجات، والأثاث، وأجهزة الحاسوب، ومكوِّنات المبنى. ويمكن تنظيف السلع التي يمكن إعادة استخدامها، وإعادة تسويقها من جديد. وفي المقابل، يتم تفكيك المواد القابلة للتدوير، ويتم تصنيف الأجزاء وفقًا لقيمتها المتبقية، ومن ثم تُباع الأجزاء التالفة؛ لإعادة تصنيعها، والمكسور منها لإعادة التدوير. ومن المعتاد أن تكون هذه الأسواق شائعة، كما هو الحال عند جمْع زجاجات الحليب والبيرة، والحديد القديم بشكل منتظم من المنازل، وقد عاد بعضها للظهور كأسواق عالمية رقمية، مثل موقع «إي باي» eBay.

ومن الضروري أيضًا وجود أسواق مهنية ـ ربما على الإنترنت ـ للتأسيس لتبادُل قطع الغيار المستعمَلة، مثل المحركات الكهربائية، والرقائق. ويمكن أيضًا تكرير مكونات المخلفات السائلة، مثل زيوت التشحيم، وزيوت الطبخ، أو الفوسفور من مياه الصرف الصحي، وإعادة بيعها. ويجب على العلماء أن يقوموا بإعادة التسويق، بدلًا من تكديس أجهزتهم المستعمَلة.

ومن الضروري تطبيق قواعد الإدارة على السلع المستعمَلة. وتُعتبر النمسا رائدة عالميًّا في هذا المجال، حيث يتطلب جمْع النفايات وإعادة استخدامها الكثيرَ من الأيدي العاملة، كما أنها مكلفة، لكنها عُزِّزت في البلاد من خلال التغييرات الضريبية، واسترجاع التكاليف، عن طريق إعادة التسويق، والهدف النهائي هو إعادة تدوير الذرات، وهو ما تم بالفعل بالنسبة إلى بعض المعادن، حيث تَستخرِج شركة «أوميكور» في بروكسل الذهبَ والنحاس من النفايات الإلكترونية. وتعمل شركة «باتريك» السويسرية على استخلاص الزنك، وخليط المنجنيز والحديد من البطاريات. وتَستهلِك هذه العمليات الطاقة بشكل كبير، كما أنها تستعيد المعادن بشكل جزئي فقط. ولإتمام حلقة الاسترجاع.. سنحتاج إلى تكنولوجيات جديدة؛ لإزالة بلمرة، وتفكيك السبيكة، وإزالة التصفُّح، وإزالة التصلُّد، ونزع مواد التغطية.

ولا بد من وجود أساليب ومعدات لتفكيك البِنْية التحتية، والمباني الشاهقة. فعلى سبيل المثال.. تم هدم فندق «آنا إنتركونتيننتال» في طوكيو في عام 2014 بطريقة جعلت المبنى يتداعى هيدروليكيًّا، طابقًا تلو الآخَر؛ للتقليل من انبعاثات الضوضاء والغبار. وقد سمحت الدعامةُ العمودية ـ بالإضافة إلى مصعد البضائع الموجود في وسط المبنى ـ لعمال الهَدْم باستعادة المكونات، وفرز المواد أثناء استخدام المصعد كمحرِّك.

وتحرِّر الخدماتُ المستخدمين من عبء الملكية والصيانة، كما أنها تمنحهم المرونة. ومن الأمثلة على ذلك: نظام قياس «الطاقة المستهلَكة في الساعة» لتوربينات المنفث الغازي، وتأجير السيارة والدراجة، وتأجير المغاسل ومحلات الآلات. ويستفيد مديرو الأسطول من ضمان الموارد، حيث أضحت سلع اليوم موارد الغد، وبأسعار الأمس. كما تسهم تغطية تكاليف المخاطر والنفايات ضمن حدود سعر الاستخدام أو التوظيف في توفير حوافز اقتصادية؛ لمنع الخسارة أو النفايات على مدى عمر الأنظمة والمنتجات.



تحرِّر مخططاتُ «أوتوليب» لمشاركة السيارة المستخدمينَ من مَطالِب الملكية.

النزعة المجتمعية

إن الاقتصاد الدائري جزء من الاتجاه نحو اللامركزية الذكية، كالطباعة ثلاثية الأبعاد، والتخصيص الشامل للتصنيع، و«المختبرات المقامة على رقاقة»، التي نشاهدها في الكيمياء والخدمات الفنية اليوم. وعلى سبيل المثال.. توفِّر الخدمة الفرنسية «أوتوليب» Autolib ـ المقدَّمة في مشارَكة السيارات لمستخدميها ـ المرونة والتنقل في المناطق الحضرية بدون متاعب، من خلال استخدام السيارات الكهربائية الصغيرة، ذات تكاليف الصيانة المنخفضة، التي يمكن إعادة شحنها في أماكن وقوف السيارات المحجوزة في جميع أنحاء باريس. ومن شأن نماذج الأعمال هذه أن تعرِّض أساسيات الاقتصاد الخَطِّي للخطر (الملكية، والموضة، والعاطفة)، كما أنها تثير مخاوف الشركات المتنافسة. فعلى سبيل المثال.. عندما تتنافس الشركات المصنِّعة للسيارات مع خدمات الأوتوليب المحلية، لن تكون لنقاط قوتها ـ المتمثلة في الإنتاج الضخم، والتكنولوجيا المسجَّلة كبراءة اختراع في محركات الاحتراق وعلب التروس، والاستثمارات الكبيرة في المصانع الروبوتية، وسلاسل التوريد والتسويق العالمية ـ أي فائدة تُذكَر.

> «سنحتاج إلى تكنولوجيات جديدة لإزالة بلمرة وتفكيك السبيكة، وإزالة التصفُّح، وإزالة التصلُّد، ونزع مواد التغطية».

ويمكن أن يَستثمِر التمويل العام إمكانات اقتصاد الأداء، لكن لا تزال الحكومات مترددة، على الرغم من تحقيق بعض النجاحات. وقد أدَّى القرار الذي اتخذته وكالة «ناسا» منذ عشر سنوات ـ بعَزْمها على شراء خدمات النقل في الفضاء ـ إلى تشغيل شركات معينة، مثل «سبيس إكس»، التي نافست لكسب العقود، مستخدِمة معدات مبتكَرة، ورخيصة، وقابلة لإعادة الاستخدام. وعند إحالة تكاليف الصيانة إلى شركة إنشاء خاصة في «ميلاو فيادكت» Millau Viaduct في جنوب فرنسا، قامت الشركة مقدِّمة العطاء «إيفاج» Eiffage للبناء بوضع هيكل سريع الإنشاء، وبالحد الأدنى من تكاليف الصيانة والمسؤولية التي تغطي 75 عامًا من عمره الخدمي.

نقاط التحول

يحتاج تحقيق الاقتصاد الدائري إلى اتخاذ إجراءات متضافرة على عدة جبهات. وهناك حاجة ملحة إلى البحث والابتكار على كافة الأصعدة.. الاجتماعية، والتكنولوجية، والتجارية. ويحتاج علماء الاقتصاد والبيئة والمواد إلى تقييم الآثار البيئية، وتكاليف وفوائد المنتجات. ولا بد من أن يصبح مفهوم تصميم المنتجات لإعادة استخدامها مجددًا قاعدة تمكِّننا من الاستفادة من نظم الوحدات والمكونات القياسية مثلًا[6]. ولا عوض عن إجراء المزيد من الأبحاث؛ لإقناع الشركات والحكومات بإمكانية تطبيق الاقتصاد الدائري.

هذا.. وتُعتبر استراتيجيات الاتصالات والمعلومات ضرورية لرفع الوعي لدى المصنِّعين والعامة حول مسؤوليتهم عن المنتجات في فترات العمر الخدمي للمنتج. فعلى سبيل المثال.. ينبغي أن تؤيد مجلات الموضة وبقوة ـ وليس الدوريات العلمية ـ فكرة مشاركة المجوهرات، والجينز المؤجَّر، وتصميمات حقائب اليد المؤجَّرة.

ويتعين على صناع القرار استخدام مؤشرات «الموارد الشحيحة» المماثلة لمبدأ «القيمة نسبةً إلى الوزن»، و«العمل والمدخلات نسبةً إلى الوزن»، بدلًا من الناتج المحلي الإجمالي. كما ينبغي أن تركِّز السياسات على ◄

الأداء، وليس على الأجهزة، وعلى القدرة على استيعاب التكاليف الخارجية، فمثلًا لا بد من مكافأة الطرق المتَّبَعة للحدّ من التلوث والانبعاثات، ولا بد أن تُلْغَى الإدارة الملكية وحقّها في التدمير. وسيتم دعم هذا التحوُّل في نهج السياسات عن طريق كل من «إنترنت الأشياء» ـ شبكة الأشياء اليومية التي ترتبط رقميًّا ـ والثورة الصناعية الرابعة ـ النظم التقنية الذكية المستخدَمة في إنتاج كميات كبيرة ـ ولكنها ستتطلب بدورها أيضًا مراجعة السياسة التي تأخذ بعين الاعتبار قضايا الملكية والمسؤولية لكل من البيانات والسلع[7,8].

وينبغي أن تقوم السياسات بتعزيز الأنشطة التي يطلبها المجتمع، وأن تقوم بمعاقبة الأنشطة المخالِفة لذلك[9]، كما يتوجب رفع الضرائب المفروضة على استهلاك الموارد غير المتجددة، وليس على الموارد المتجددة، بما في ذلك الجهد البشري. ويجب فرض ضريبة القيمة المضافة «VAT» على الأنشطة ذات القيمة المضافة، مثل التعدين، والبناء، والتصنيع، ولكن ليس على أنشطة إدارة المخزون ذي القيمة المحافظة، مثل إعادة استخدامه، وإصلاحه، وإعادة تصنيعه، إضافة إلى مَنْح أرصدة الكربون لصالح منْع الانبعاثات بمعدل التخفيض نفسه.

وينبغي قياس الثروة المجتمعية والرفاهية في المنتَج، بدلًا من قياس التدفق، وفي رأس المال، عوضًا عن المبيعات. حينها، سينسجم النمو مع النهوض بنوعية وكمية البضائع كافة.. الطبيعية، والثقافية، والبشرية، والاصطناعية، فعلى سبيل المثال.. فالإدارة المستدامة للغابات تقوّي رأس المال الطبيعي، بينما تعمل إزالة الغابات على تدميره، كما أن استرجاع الفوسفور أو المعادن من مجاري النفايات يحافظ على رأس المال الطبيعي، ولكن التخلص من هذه المعادن في المجاري يزيد من التلوث؛ وكذلك يخفِّض ترميم الأبنية من استهلاك الطاقة، ويزيد من جودة المنشأ القائم[10].

إن الجَمْع بين هذه الأنواع الثلاثة من الاقتصاد يُعَدّ تحديًا هائلًا. ومن الممكن أن يؤدي تحويل تركيز السياسات عن حماية البيئة ـ لتعزيز نماذج الأعمال القائمة على الملكية والمسؤولية التامة وغير محدودة المدة، بدلًا من فرض فترة ضمان لمدة سنتين، مقابل جودة التصنيع ـ إلى تغيير القدرة التنافسية للأمة. ■

والتر ستاهل مؤسس ومدير معهد العمر الخدمي للمنتَج في جنيف، سويسرا. وهو أيضًا عضو في نادي روما، وأستاذ زائر في كلية الهندسة والعلوم الفيزيائية في جامعة سري في المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: wrstahel2014@gmail.com

1. Ellen MacArthur Foundation, World Economic Forum and McKinsey & Company. *The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics* (Ellen MacArthur Foundation, 2016).
2. Stahel, W. R. & Reday-Mulvey, G. *Jobs for Tomorrow: The Potential for Substituting Manpower for Energy* ((Vantage Press, 1981).
3. Stahel, W. R. in *The Circular Economy — A Wealth of Flows* (ed. Webster, K.) 86–103 (Ellen MacArthur Foundation, 2015).
4. Stahel, W. R. *The Performance Economy* (Palgrave, 2006).
5. Stahel, W. R. in *Handbook of Performability Engineering* (ed. Misra, K. B.) Ch. 10, 127–138 (Springer, 2008).
6. Stahel, W. R. in *Our Fragile World: Challenges and Opportunities for Sustainable Development* Vol. II (ed. Tolba, M. K.) Ch. 30, 1553–1568 (UNESCO/ EOLSS, 2001).
7. Giarini, O. & Stahel, W. R. *The Limits to Certainty, Facing Risks in the New Service Economy* (Kluwer, 1989).
8. Stahel, W. R. in *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management* (ed. Richards, D. J.) Ch. 4, 91–100 (National Academy Press, 1997).
9. Stahel, W. R. *Phil. Trans. R. Soc. A* **371,** 20110567 (2013).
10. Stahel, W. R. & Clift, R. in *Taking Stock of Industrial Ecology* (eds Clift, R. & Druckman, A.) Ch. 7, 137–158 (Springer, 2016).

تَعَلَّـمْ من علمــاء الأحيــاء الهــواة

يرى **تود كوكين** أن مجتمع علوم المواطنين الهواة لديه روح المبادرة والمسؤولية الملائمة لاستخدام تقنية التحرير الجيني.

تَسَبَّب أحد أهم الأخبار العلمية لعام 2012 في إحداث ضجة حول مدى صواب تعزيز قدرة فيروس إنفلونزا الطيور H5N1 على الانتقال بين القوارض، ثم تزايدت المخاوف في العام نفسه مِنْ أنْ يقوم علماء الأحياء الهواة بتخليق إصداراتهم الخاصة من الفيروس باستخدام المعلومات المنشورة في المنشورات الأكاديمية.

وحاليًّا، يَستهدِف صحفيون وغيرهم مجتمع علوم المواطنين الهواة ـ وهم مجموعة من الأشخاص الذين يقومون بالبحث العلمي، سواء حظوا بتدريب معتمَد، أم لا، وذلك على سبيل الهواية، أو لتعزيز التعليم المجتمعي، وانفتاح العلوم وإتاحتها ـ وسط مخاوف من الاستخدام السيئ لتقنية التحرير الجيني الحديثة «كريسبر/كاس9». وفي يناير الماضي، نشرت جريدة «سان خوسيه ميركوري نيوز» *San Jose Mercury News* مقالًا بعنوان صادِم، هو: «معدات التحرير الجيني للبيولوجيين الهواة في منطقة خليج سان فرانسيسكو تلعب دور الإله على طاولة المطبخ». ورغم أن هؤلاء الهواة لا يشكلون مصدرًا للقلق، إلا أن الباحثين ينصحون صناع القرار بالأخذ في الاعتبار الاستخدامات المحتملة للتحرير الجيني «خارج إطار المعامل التقليدية» (R. A. Charo & H. T. Greely *Am. J. Bioeth*. **15**, 11–17; 2015).

والواقع أن التقنيات والخبرة المطلوبة لتخليق فيروس أو حشرة مميتة تتجاوز كثيرًا إمكانات المعمل التقليدي لعالِم الأحياء الهاوي، أو لمجتمع علماء الأحياء الهواة ككل، بالإضافة إلى أن تنفيذ مثل هذا الفعل سوف يخالف ثقافة المسؤولية التي تَبَنَّاها علماء الأحياء الهواة، ونموها خلال الخمس سنوات الماضية. وفي الواقع، عندما يتعلق الأمر بالتفكير الخلاق حول قواعد السلامة التي أسست لها التقنية الحيوية، نجد أن مجتمع علماء الأحياء الهواة العالمي يسبق المؤسسات العلمية الرسمية في مراعاتها.

سهولة الوصول إلى الأدوات

تُعتبر المعدات والكواشف الكيميائية المطلوبة لاستخدام تقنية «كريسبر/كاس9» متاحة بالفعل لعلماء الأحياء الهواة، فعلى سبيل المثال.. نجد أنّ أعضاء الفرق التي شاركت في مسابقة «الآلة الدولية المهندَسة وراثيًّا» iGEM لعام 2015، وطلاب مرحلة الثانوية العامة، ومستخدمي المعامل الجماهيرية حول العالم، قد تلقوا جميعهم بلازميدات كريسبر/كاس9 في مُعِدّاتهم المبدئية. وتحتوي هذه المعدات على أكثر من 1,000 جزء من الأجزاء الحيوية المعيارية، التي تُعرف باسم «بيوبريكس» BioBricks، وهي قوالب حيوية بنائية، معتمِدة على الحمض النووي، يحتاجها المشاركون في هندسة نظام حيوي؛ من أجل الدخول في المسابقة. كما أن المكونات الأخرى لنظام «كريسبر/كاس9» متاحة عن طريق سِجِلّ مسابقة iGEM (http://parts.igem.org/CRISPR).

ويبدو أن قليلًا من علماء الأحياء الهواة هم الذين استخدموا هذه التقنية حتى الآن. وقد ذكر كل من توم بيركت، مؤسِّس «مركز بالتيمور لهواة العلوم» في ميريلاند، وإلين جورجينسن، المدير التنفيذي لمعمل «جينسبيس» Genspace ـ وهو معمل شعبي في بروكلين بنيويورك ـ أن مستخدميهم مهتمون بتقنية كريسبر/كاس9، ولذلك.. قرر معمل «جينسبيس» إقامة ورشة عمل حول تلك التقنية، حُدد موعدها في شهر مارس الماضي؛ على أنه لا يوجد أي من المشروعات الجارية



حاليًّا في هذه الأماكن يتطلب استخدام هذه التقنية. وبالمثل، يركِّز مستخدمو المعمل الشعبي «لاباياس» La Paillasse في باريس على المشروعات التي لا تتطلب استخدام تقنية «كريسبر/كاس9».

قد تتوافر المواد والأدوات، لكن يوجد افتقار إلى المعرفة والفهم اللازمين لعمل تلك التحريرات الجينية بآثارها المرجوة، إضافة إلى أن أغلب علماء الأحياء الهواة مهتمون ببناء دوائر جينية في البكتيريا أو الخميرة، وباستطاعتهم فعل ذلك عمومًا باستخدام تقنيات راسخة، مثل تقنية «سلايس» SLiCE (مستخلص الاستنساخ والربط المتجانس)، وعن طريق الجينات التي ينتجها المورِّدون التجاريون، أو عن طريق الحصول عليها من سجل iGEM.

وتُعتبر تقنية كريسبر/كاس9 سريعة الانتشار، مما قد يجعلها أكثر شعبية وسط علماء الأحياء الهواة في الشهور أو السنوات القادمة. وفي حال حدوث هذا، فلا يوجد مبرر مسبق للتوقع بأن مجتمع الهواة سيسبب ضررًا أكثر من غيره عند استخدامه لتلك التقنية.

قواعد سلوكية ملائمة

طَوَّر مجتمع علماء الأحياء الهواة قواعد سلوكية في منتصف عام 2011 (https://diybio.org/codes). وفي ذلك الوقت، تَألَّف هذا المجتمع من معمل مشارك واحد، وهو معمل «جينسبيس»، الذي تم افتتاحه في ديسمبر 2010، ومجموعة متنوعة من المجموعات حول العالم، مختلفة فيما بينها في مستويات الخبرة، والموارد، والقواعد المتَّبَعة.

وتَبَيَّن من المناقشات عبر الإنترنت وعلى أرض الواقع، أنه إذا مضى مجتمع علماء الأحياء الهواة قدمًا في تطوير مشروعاته، وبدأ في تنفيذ مشروعات أكثر تعقيدًا، فإن الحاجة تدعو إلى تطوير مجموعة من الضوابط. وقد عقدتُ أنا وجايسون بوب ـ المؤسِّس المشارِك لموقع DIYbio.org، وهو مرجع الأشخاص المهتمين بعلم الأحياء كهواية ـ سلسلة من ورشات العمل التدريبية، ضمت مجموعات من المملكة المتحدة، والدنمارك، وفرنسا، وألمانيا. ثم كررنا هذه الورشات مع ست مجموعات جديدة في الولايات المتحدة، حيث رأينا أن القواعد التي تحكم الممارسات الفعلية الملائمة ستكون فعالة فقط في حالة مشاركة الجميع، واتفاقهم عليها.

واليوم، يملك معمل «جينسبيس» ـ وكل معمل من المعامل الجماهيرية حول العالم ـ المجلس الاستشاري الخاص، ويمكنه استشارة البوابة الإلكترونية «اسأل خبيرًا في مجال السلامة الحيوية» (http://ask.diybio.org). وتُراجع لجان البوابة الإلكترونية عروضًا للمشروعات، منبِّهة على مشكلات السلامة المحتمَلة فيها. وفي الولايات المتحدة، اكتسبت المعامل الجماهيرية علاقات مع المجلس الفيدرالي للتحقيقات، الذي قدَّم بعض الأعضاء إلى الشرطة المحلية وأقسام المطافئ؛ بغرض زيادة الاحتياطات لمشكلات السلامة المحتمَلة.

وتُعَدّ ثقافة المبادرة لتحمُّل المسؤولية المذكورة بمثابة تقدُّم يعالج مشكلة تدارك الأمور متأخرًا، التي غالبًا ما تحدث داخل المؤسسات العلمية. فقد كان أكثر النقاشات حول الإيجابيات والسلبيات لتجارب فيروس H5N1 بعد الانتهاء من التجارب، بينما كان العمل قيد المراجعة المطلوبة للنشر. أما في حالة تقنية التحرير الجيني، فلم تناقِش الأكاديمية الوطنية للعلوم المخاطر المتعلقة باستخدام الأسلوب المتَّبَع لهندسة الجينات، التي يمكنها الانتشار بسرعة خلال الأنواع البرية ـ فيما يُعرف بـ«محركات



MATT ROTH

لم يَستخدِم أعضاء «مركز بالتيمور لهواة العلوم» في ميريلاند تقنية «كريسبر/كاس9» حتى الآن.

الجينات» ـ إلا بعد أن أظهرت التجارب هذا المفهوم في ذبابة الفاكهة، وتم نشر تلك الدراسة في دورية تمت مراجعتها من قِبَل الأقران (V. M. Gantz & E. Bier *Science* **348**, 442–444; 2015).

وبالطبع، فمعايير ومبادئ المجتمع العلمي لها أثر ضئيل على سلوك الأفراد الفاسدين الذين ينوون التسبُّب في ضرر، والذين قد ينتمون إلى فئة العلماء العاملين لدى الحكومة، أو الجامعة، أو المعامل الخاصة، أو إلى فئة علماء الأحياء الهواة. وفي الواقع، فإن ثقافة المسؤولية، المنتشرة حاليًّا بين علماء الأحياء الهواة، وأسلوب عملهم التعاوني، وحقيقة أن تلك المعامل الجماهيرية هي أماكن مفتوحة؛ مما يسمح لأي شخص بمشاهدة ما يجري فيها، هي عوامل تقلِّل السيناريوهات الكارثية للكائنات المتحولة الهاربة من الأقبية لتسبِّب الأذى، إن لم تكن تقضي بالكامل عليها.

لقد أدَّى تطوُّرٌ وحيد إلى زيادة القلق من استخدام علماء الأحياء الهواة لتقنية كريسبر/كاس9، وهو مشروع قائم على المصادر الجماعية ـ أي الاستعانة بخبرات وإسهامات مجموعة متنوعة من الأشخاص ذوي الصلة ـ قام به عالِم الأحياء التخليقية جوسايه زاينر، مؤسِّس معهد ديسكفري المفتوح في بورلينجيم بكاليفورنيا. وقد جمع زاينر في نوفمبر الماضي حوالي 34 ألف دولار، بعد ثلاثين يومًا من إطلاق حملته على موقع للتمويل الجماعي، مخصَّص لهذا الغرض، يُدعى Indiegogo؛ وذلك لتمويل إنتاج وتوزيع أدوات تقنية كريسبر لعلماء الأحياء الهواة، التي من المفترض أن تساعد في «تعلُّم العلوم الحديثة عن طريق الممارسة». وقد ارتفع التمويل لما يزيد على 62 ألف دولار، وذلك يزيد بمقدار ستة أضعاف على هدفه الأصلي.

لم ترتفع المخاوف بشأن مشروع «زاينر»، بسبب أنه مَنَحَ الناس المزيد من الإمكانات خارج إطار المعامل التقليدية بأكثر مما بإمكانهم الحصول عليه؛ فعلماء الأحياء الهواة يستخدمون بالفعل أدوات متنوعة لجمع أجزاء الحمض النووي في البكتيريا والخميرة، وهي الكائنات الدقيقة نفسها الموجودة في الأدوات التي يقوم مشروع «زاينر» بتزويد هواة الأحياء بها، وإنما تثير حملة «زاينر» المخاوف، لأنها لا تبدو متوافقة مع القواعد السلوكية التي يعتمدها موقع DIYbio.org، فالفيديو المصاحب لحملته يقدم صورًا مقرَّبة لأطباق «بيتري»، التي تحتوي على عيِّنات مخزَّنة بجوار الطعام في الثلاجة. والأكثر من ذلك.. أن حملة «زاينر» تذكِّرنا بالطرق المتشابكة، التي يستطيع الباحثون التقليديون وغيرهم تمويل أعمالهم الآن عن طريقها.

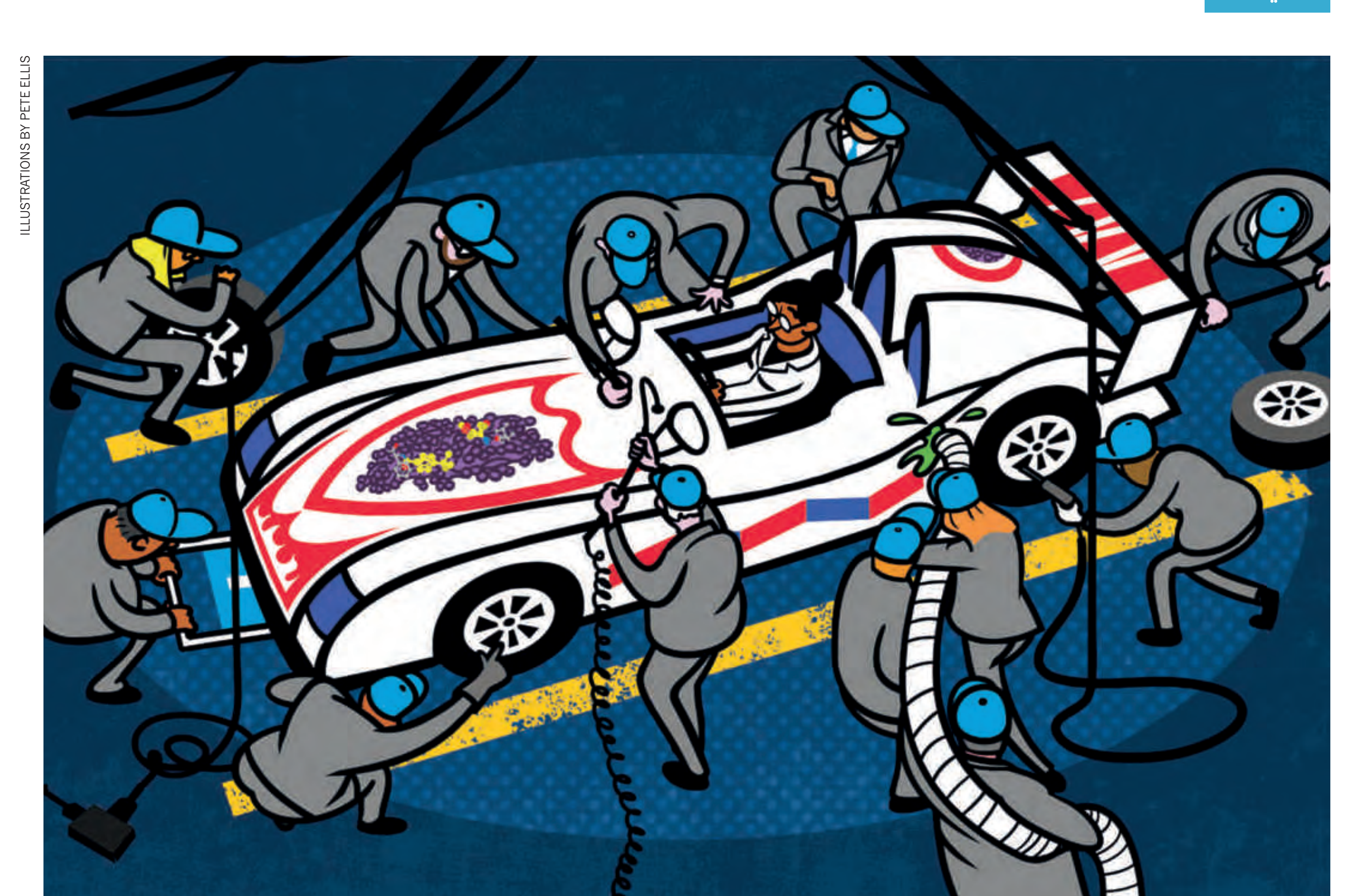
وتزداد حاجة الجميع ـ وليس فقط علماء الأحياء الهواة ـ إلى إدارة غير مركزية، تزامنًا مع سهولة الحصول على أدوات مثل تلك المستخدَمة في تقنية «كريسبر/كاس9»، وسهولة التمويل الجماعي. إنّ الحاجة إلى القواعد السلوكية ستكون حافزًا لوضع معايير مناسبة لتَلَقِّي تمويل الحكومة والهيئات التنظيمية، وذلك للأشخاص الذين يعملون داخل وخارج مؤسسات البحث التقليدية، ولمديري المعامل الجماهيرية، إضافة إلى مطوِّري برامج التمويل الجماعي.

وباعتبار مجتمع علماء الأحياء الهواة شريكًا، وقام بمعالجة قضايا أساسية عديدة بالفعل، ينبغي عليه أن يلعب دورًا نشطًا في الحوار العام حول استخدام تقنية «كريسبر/كاس9»، وكيف يمكن لنماذج إدارة معيارية أن تضمن إجراء أبحاث مسؤولة وآمنة. ■

تود كوكين أستاذ أوَّل مشارك، وباحث رئيس في مشروع «مركز ويلسون لعلم لأحياء التخليقية» في واشنطن.

البريد الإلكتروني: todd.kuiken@wilsoncenter.org

ILLUSTRATIONS BY PETE ELLIS



تعاونوا مع مجال الصناعة

يرى **أليد إدواردز** أن الجمع بين الحوافز والموارد الأكاديمية، وكذلك التجارية، من شأنه أن يسهم في تحسين العلوم.

يزخر المجتمع العلمي بعدد كبير من المشروعات التي تستهدف الوثوق في النتائج البحثية بشكل أكبر. وتمضي الجهود لإنشاء قوائم المراجعة، ولتطوير أدوات التدريب على تصميم التجارب، وحتى لتمويل العلماء غير المهتمين؛ كي يكرروا تجارب الآخرين. ومن أجل الوصول إلى استراتيجية أكثر فعالية، ينبغي تجديد الحوافز الحالية، بحيث تركز بشكل أقل على المطبوعات ذات التأثير العالي، ولكن الأنظمة الموجودة حاليًّا لها ثقل قوي، كما أن الممولين ومسؤولي الجامعات غير مستعدين لاستيعاب وتحقيق هذا المستوى من التغيير.

ولتحفيز حركة التغيير، لا بد أن تنضم الصناعة إلى ساحة النِّقاش. هذا هو ما تعلمتُه بشكل مباشر كرئيس «لاتحاد الجينوم البنيوي» SGC، وهي مؤسسة بحثية خيرية، يموِّلها رجال الأعمال، والحكومة، ومؤسسات خيرية أخرى. وأعتقِدُ أنه إذا بذلت شركات الكثير من الأموال والخبرات، لقاء جهود مماثلة لجهودنا؛ فمن شأن ذلك خَلْق نظام ينتج عِلْمًا عصريًّا، له نتائج قابلة للتكرار. وهنا، أستعرضُ تجربتي في إدارة التعاون بين الباحثين الأكاديميين والصناعيين على مدى 12 سنة مضت، وأستخلصُ المبادئ المطلوبة للحصول على أبحاث موثوق فيها.

الآن، وفيما مضى

في أواخر تسعينات القرن الماضي، خلصت مجموعة شركات أدوية إلى عدم وجود رغبة تامة لدى الباحثين الأكاديميين في متابعة المعلومات البنيوية عن البروتينات البشرية، وهي المعلومات المحورية في عملية تصميم أدوية جديدة. ولذا.. اقترحَتْ الشركات تجميع الموارد مع الهيئات الحكومية؛ لتمويل هذا العمل. ففي عام 2004، قامت شركة الأدوية «جلاكسو سميث كلاين»، وصندوق «وِيلْكَم تراسْت» ـ المموِّل الأساسي في المملكة المتحدة ـ وممولِّو العلوم من كندا بإطلاق «اتحاد الجينوم البنيوي». فما هي مهمّتنا إذَن؟ ببساطة هي توليد بِنَى البروتين البشرية، وإتاحتها للاستخدام العام.

وقد اختلفت الدوافع.. فبينما أكَّد الممولون من الجمهور والمؤسسات الخيرية على أهمية الأصالة العلمية والجودة العالية للمنشورات، أرادت الصناعة أبحاثًا متعلقة باكتشاف الأدوية. وعلى سبيل المثال.. أصرَّت الشركات على بِنَى البروتينات البشرية، بدلًا من بروتينات الأنواع الأخرى، رغم الأهمية العلمية لتلك الأنواع. وطالَب جميع الممولين بوجود معالِم إرشادية قابلة للقياس، وطالبوا باستخدام غير مقيّد للبيانات والكواشف الكيميائية، وطالبوا كذلك بحقهم في سَحْب الدعم عن المشروع، إذا كان دون المستوى المحدد (انظر: «تجاوُز الأهداف المرحلية»).

وقد ارتفع عدد شركات الأدوية المشارِكة فيما

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



بعد؛ ليصل إلى ثماني شركات. وينفق «اتحاد الجينوم البنيوي» حاليًّا أكثر من 20 مليون دولار أمريكي على 250 عالِمًا في 6 مختبرات مخصَّصة لذلك. ويشتمل فريقنا البحثي على باحثين رئيسين، وباحثي ما بعد الدكتوراة، وتقنيين، وخريجين. وفي أي لحظة، يتعاون ما لا يقل عن 50 عالِمًا من العاملين في مجال الصناعة مع علماء «اتحاد الجينوم البنيوي». وحاليًّا، تتخطى المشروعات بِنَى البروتين لتعمل على اكتشاف المسبارات الكيميائية ـ وهي جزيئات صغيرة مفيدة في دراسة وظائف البروتين ـ وكذلك تعمل على برامج التعاون مع المستشفيات؛ لاستكشاف آثار هذه الأدوات على الخلايا المأخوذة من المرضى. ولا بد أن ننوِّه إلى أن كل الموارد التي نوجِدها ليست مملوكة لأحد، ومتاحة بسهولة.

وفي عام 2010، وتزامنًا مع الفترة التي بدأ فيها «اتحاد الجينوم البنيوي» استقطاب اهتمام شركات الأدوية التي لم تشارك من قبل في الاتحادات المالية المكرَّسة لإنتاج معلومات عامة، بدأتُ أتساءل: «لماذا نحن..؟»؛ آملًا أن أسمع إجابة ترتبط بفِكْرنا العلمي المميز، لكنها جاءت أكثر واقعية مما توقعت: «لأننا نستطيع تكرار عملكم». وكان ذلك في الماضي، قبل أن تظهر التقارير التي تقول إنه يمكن تكرار نتائج أقل من نصف الأوراق البحثية فحسب في مجال الطب الحيوي (L. P. Freedman *et al*. *PLoS Biol*. **13**, e1002165; 2015)، وحينها لم أدرك واقع الأمر مثلما أنا الآن.

ومن سخرية القدر.. أن تعاوُنَنا مع مجال الصناعة هو ما أضفى الثقة على أبحاثنا في المقام الأول، حيث ساعد زملاؤنا الصناعيون في تصميم العمليات التي تزيد فُرَص تمكُّنهم من الاعتماد على عملنا. ومنذ البداية، كنا نعمل ضمن منظومة، ترتبط فيها استمرارية التمويل بإثبات فعالية البحث.

المبادئ الثمانية

في رأيي، الذي يشاركني فيه الشركاء الصناعيون، يتميز هذا النظام البحثي بالعديد من العوامل الداعمة المشتركة، التي يُعتبر كل واحد منها ضروريًّا. وهذا المزيج هو سر النجاح.

الحاجة إلى الالتزام الكامل، ومجازاة الكفاءات. إن التركيز والتنظيم ضروريان لتحقيق النجاح؛ وكَشَرْط مسبق لتلقِّي التمويل، يتفق العلماء على تكريس كل أوقاتهم البحثية للمشروع. وهذا هو الجانب الذي يختلف فيه «اتحاد الجينوم البنيوي» عن معظم المخططات الأخرى التي تنطوي على مشارَكات أكاديمية مع الصناعة. فبالنسبة إلى العلماء المشاركين، تكمن الميزة في الكفاءة، وفي التمويل الذي يمكن التنبؤ به، حيث تتم تغطية كافة النفقات، دون الحاجة إلى كتابة طلبات المِنَح، ما دام العلماء ينجزون الأهداف المرحلية المتوقَّعة، وهو ما يحفِّز العلماء على الابتكار. وإذا ما حقق العلماء أهدافهم، دون استخدام جميع الأموال المتاحة، يمكنهم استخدام ما تبقَّى لإشباع فضولهم البحثي.

تحديد الأهداف التي لا يمكن تحقيقها باستخدام التقنيات الحالية. يَعتقِد كثيرٌ من العلماء والممولين العموميين أن الأهداف المرحلية الرسمية ـ التي تُعتبر شرطًا للاستثمار الصناعي ـ تتناقض مع البحث الاستكشافي. ويكمن الحل في خلق «أهداف مرنة». ففي حالتنا مثلًا.. وَفَّر الممولون لائحة تضم 2,000 بروتين بشري، وتوجيهات لتحليل 350 بِنْيَة منها، وكانوا على علم تام بعدم إمكانية تحقيق هذا الهدف باستخدام التقنيات الحالية. وقد نجح ذلك بالفعل، حيث طوَّر علماء «اتحاد الجينوم البنيوي» أساليب جديدة؛ لتحقيق هذا الهدف والأهداف المرحلية اللاحقة، ونشروا أكثر من 800 ورقة مُراجعة من قِبَل الأقران (تم نشر 60 ورقة بحثية منها في دورية *Nature* والدوريات ذات الصلة).

وضع معايير جودة واضحة، والإعلان عنها. يجب أن تكون الأهداف المرحلية واضحة كالشمس، وإلّا فإنه يمكن التلاعب بها. وفي حالتنا، طلبنا من مجموعة من الخبراء المستقلين من الأوساط الأكاديمية والصناعية أن يقوموا بصياغة المعايير الكمية التي يمكن اعتمادها في الحكم على نتائج الأبحاث التي نجريها.

> «يمكن أن يؤدي التعاون الناجح بين القطاع الأكاديمي والصناعي إلى إعادة تشكيل القوة الدافعة، التي أدارت شركات ناجحة».

فعلى سبيل المثال.. حددنا مدى الاختلاف الذي يجب أن يكون عليه تسلسل البروتين؛ ليتم اعتباره «أصيلًا»، مقارنة بالغير في بنك بيانات البروتين، كما قمنا بتحديد المستويات المقبولة للدقة والأخطاء، ثم نشرنا جميع هذه المعايير على موقعنا على الإنترنت (go.nature.com/4qncnj). وقد عرف علماء «اتحاد الجينوم البنيوي» أن بِنَى البروتين لن «تؤخذ بعين الاعتبار»، ما لم تحقِّق ـ أو تتجاوز ـ المعايير العامة المتاحة.

فرض تبادل البيانات. يؤدي استخدام آليات مشارَكة التطورات مع الآخرين وتعزيز الشفافية إلى تعزيز قابلية تكرار نتائج الأبحاث. وفي عام 2004، نشرنا دفاتر ملاحظات المختبر الإلكترونية؛ وصحبت ذلك مقاومة مبدئية من العلماء، ولكن سرعان ما أدركوا أن إمكانية حصولهم على المعلومات من زملائهم ساعدتهم على إنجاز أبحاثهم الخاصة. وقد سهَّلت دفاتر الملاحظات توثيق ونشر الإجراءات التجريبية المفصلة، وأسهمت في الحدّ من مخاطر استخدام الباحثين للبيانات المُنتقاة لأغراض تجارية.

خضوع العمل لرقابة مستقلة، قبل إعلانه للجمهور. لا يُفترض أن يَحكُم المشاركون بأنفسهم على ما إذا كانوا قد حققوا الهدف المرحلي، أم لا. ولذا.. أنشأنا مجلسًا استشاريًّا مستقلًّا من العلماء الأكاديميين والصناعيين؛ لتقييم جودة كل بِنْيَة، أو مسبار، أو أيّ أداة أخرى، قبل إعلانها للجمهور. وتمنعنا هذه الهيئة الخارجية من تخفيف معايير الجودة لنتائج البحث، إذا كان تحقيق الأهداف الأساسية أصعب من المتوقع.

وكانت هذه الرقابة أكثر مشقة على الباحثين من المعتاد، حيث تَوَجَّب على اتحاد العلماء إعداد وثائق لبرهنة الآليّة التي تمت من خلالها مطابقة كل معيار على حدة. وقد اتجه العلماء الخارجيون ممن ينوون استخدام الأداة المحتمَلة إلى الحكم بشكل أكثر صرامة من المراجعين الأقران التقليديين.

ومع ذلك.. أصبح التدقيق الخارجي على مر السنين جزءًا من ممارستنا، حيث أسهَم ـ دون أدنى شك ـ في تحسين سُمْعَتنا في مجال البحث الثري علميًّا، القابل للتكرار. وفي مناسبتين، كان علماء «اتحاد الجينوم البنيوي» على اقتناع بأن المسبارات الكيميائية قد حققت معايير الجودة الخاصة بنا (انظر: go.nature.com/sediul)، فقط لكونها حازت على لجنة رقابة قامت بإثارة ما تَبَيَّن أنها مخاوف مشروعة، وتم تناولها في وقت لاحق.

تكريس الملكية العامة لجميع النتائج البحثية. تكون قيمة العلم التأسيسي أكبر عندما يزداد عدد ◄

تجاوُز الأهداف المرحلية

أعداد البِنَى البروتينية التي يودعها "اتحاد الجينوم البنيوي" في بنك بيانات البروتين تكون دائمًا أعلى من الأهداف المطلوبة.

الأشخاص المستخدِمين للبحث، ولذلك.. يجب أن تُنشر المواد بشكل مجاني قدر الإمكان. وقد حاولنا تجنُّب الأعباء القانونية، مثل الاتفاقيات الرسمية لنقل المواد «MTAs». وفي المقابل، قمنا بتطوير اتفاقيات مماثلة عبر الإنترنت، على طريقة «الضغط على زر الموافقة على الاتفاقية»؛ لاستخدامها عند الحاجة، كما شجعنا المورِّدين على توفير كافة الكواشف الكيميائية دون قيود. وكانت النتيجة أن استخدم موادّنا كثيرٌ من العلماء العاملين خارج «اتحاد الجينوم البنيوي». وفي الوقت الراهن، يسهم الاتحاد بنسبة 5% من البلازميدات المُودَعَة في مستودع الجينات «أدجين» Addgene. وفي العام الماضي، تلقَّى المورِّدون أكثر من 5,000 طلب من أجل مسبارات كيميائية، صنَّعها «اتحاد الجينوم البنيوي».

التأكد من تعاون الصناعة والعلماء الأكاديميين. يجب أن توفر الصناعة الخبرة الواسعة، فضلًا عن الأموال؛ حيث يولِّد التعاون مع علماء الصناعة رغبةً مشتركة في النجاح، ويخلق جوًّا من ملكية المشروع. كما أن الدوافع المختلفة تخلق توترًا إنتاجيًّا، فمثلًا تتوافر لدى العلماء العاملين في الوسط الأكاديمي حوافز قوية للنشر السريع، وللأسف.. قد يسفر ذلك عن نشر القصص الصحيحة ضمن ظروف محددة ودقيقة فحسب. وعلى النقيض من ذلك.. يحث العلماء في المجال الصناعي على ضرورة التحقق من المصداقية باستخدام مجموعة من التجارب المتلاقية بالتزامن معًا، حيث يؤدي استخدام هذه الطرق البديلة في تقييم الأداة البحثية نفسها إلى ضمان فائدة النتائج على نطاق واسع، كما أنه لا بد من نشر المنشورات والتقارير بالإجماع. ومن خلال التوازن بين هذه الرغبات؛ يتحقق أفضل مزيج من الإبداع، ويتم نشر الأبحاث في الوقت المناسب، ويكون من الممكن تكرار نتائجها.

إنشاء هيئة إدارية نشطة. تقوم مشروعات أكاديمية عديدة ـ ومنها المشروعات التي تشترك الصناعة في تمويلها ـ بخلق هيئات إدارية من «الأصدقاء والأسرة»، تقوم بالنصح، بدون ممارسة أعمال الإدارة. وقد اختير «اتحاد الجينوم البنيوي» لنموذج مختلف، إذ يشتمل مجلسنا على كبار المسؤولين التنفيذيين التابعين لكل ممول رئيس، حيث بإمكان المجلس إيقاف مشروع ما، وتغيير القيادة والاستراتيجية المباشرة. ويتطلب أي تغيير حقيقي في ميزانية المشروع موافقة المجلس بالإجماع. وبسبب هذه المسؤولية، بلغت نسبة الحضور الشخصي في كل اجتماع ربع سنوي لمجلس الإدارة 100%، وذلك على مدار 12 عامًا. هذا.. وينعكس توتر الإنتاج في القطاع الخاص ـ والعام أيضًا ـ على المجلس، فعندما تطالِب الصناعة بتأخير الإعلان عن نتائج البحوث بداعي المزيد من المراجعة لجودة البيانات، يقوم المولون العموميون بالموازنة بين المزايا العلمية لهذا الطلب، وضرورة النشر السريع للنتائج.

SOURCE: SGC

نشر النموذج

يَبني الالتزام بهذه المبادئ نظامًا شاملًا، يدعم قابلية تكرار نتائج الأبحاث، والبحث الابتكاري. وفي حين لم تعد المنشورات العلمية هي الوحدات القياسية الحصرية للإنجاز، أضحى الوصول إلى أهداف مرحلية محددة سلفًا، وصنع أدوات مفيدة عاملَيْن أساسيَّين لاستمرار التمويل.

ولا يمكن استخدام هذا الأسلوب مع كل مسألة علمية أو عالِم، ولكن هناك العديد من المسائل العلمية المهمة التي تتماشى فيها الاحتياجات طويلة الأجل للصناعة مع مواهب الباحثين الأكاديميين. وهنا، يمكن تركيز الجهد البحثي بسهولة ضمن مشروع منظم واحد، حيث يتمكن الجميع من الاستفادة من الوصول المفتوح إلى نتائج البحث. وقد يقوم قطاعَا النفط والغاز بجمع الموارد؛ لتطوير تقنيات معالجة أصيلة؛ ويمكن أن ينشئ قطاعُ الغابات اتحادًا؛ لاستكشاف تقنيات تحليل السليلوز، ويمكن أن يتعاون قطاع الطاقة المتجددة؛ لتحديد تقنيات أفضل لتخزين الطاقة.

ويصب هذا التعاون بين القطاعين العام والخاص في مصلحة الصناعة، إذ تحتاج الشركات إلى العلوم التأسيسية؛ لتحقق الابتكار والأرباح على المدى الطويل. لقد اخترع الباحثون في الماضي في معمل «باسف» BASF، ومعمل «دوبونت» Dupont، ومعمل «بيل» Bell تقنيات غيَّرت وجه العِلْم والعمل والحياة اليومية، بدءًا من الترانزستورات، مرورًا بأجهزة الرادار، وصولًا إلى الأسمدة الصناعية؛ وفازوا بجوائز «نوبل». أما الآن، فقد تم خفض دعم البحوث داخل الشركات، في الوقت الذي لا يقوم فيه البحث الأكاديمي بسد الفجوة، نظرًا إلى كونه متقلبًا، وغير مُركَّز، ولا يمكن الاعتماد عليه دائمًا. ويمكن أن يؤدي التعاون الناجح بين القطاع الأكاديمي والصناعي إلى إعادة تشكيل القوة الدافعة، التي أدارت شركات ناجحة.

وينبغي أن تكون هذه المشارَكات على نطاق أوسع، وأن تدعم مجالات الأبحاث المهمة. وبالقَدْر نفسه من الأهمية، يكتسب المجتمع البحثي المعرفة والأدوات والممارسات الموجهة إلى العلم الراسخ، التي قد تنتشر إلى ما هو أبعد من إطار الأطراف المتعاونة؛ لترفع مستوى العلم بشكل عام. ■

أليد إدواردز الرئيس التنفيذي «لاتحاد الجينوم البنيوي».
البريد الإلكتروني: aled.edwards@utoronto.ca

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



ROLLS ROYCE

محرِّك من طراز «ترينت 1000» من إنتاج شركة «رولز رويس»، التي تبنَّت برنامج إعادة تدوير، استمر لأكثر من عِقد من الزمن.

الاقتصاد الدائري

الإســـراع من وتيــرة الاقتصــاد الدائــري

في الاقتصاديات الخطية، يُعَدّ كل ما تشتهيه الأنفس، بدءًا من ناطحات السحاب، وصولًا إلى مشابك الورق، مخلفات محتمَلة. أما الآن، فإن «الخَطِّيَّة» في طريقها إلى الاندثار؛ إذ يتطلع المصممون إلى «الدائرية»، ويعيدون تعريف المخلفات باعتبارها موارد.

تُعَدّ «الدائرية» في القلب من التصميمات الصديقة للبيئة، وهي منهجية الإنتاج التي يتم فيها تغيير الغرض من المخلفات، وتقليل الأثر البيئي الناتج عن استخدام المواد الخام، على سبيل المثال، من خلال إعادة الاستخدام وإعادة التدوير، بيد أنه إذا كانت تلك الحلقة بمثابة لجام يحدّ من الإفراط في الاستخدام، فالحقيقة ـ كما كَتَب الفيلسوف الأمريكي رالف والدو إيميرسون، إبان الثورة الصناعية في أربعينات القرن التاسع عشر ـ هي أن «الأشياء المادية تسود، وتقود البشرية». ويتسم نطاق المخلفات وتكاليفها النسبية الاقتصادية والبيئية على مستوى العالم بالجسامة.

ويلوث ما يقرب من 269,000 طن من البلاستيك محيطات العالم، وتفسد نفايات صناعية ضخمة كثيرة ـ مثل الأحواض اللاهوائية، وأكوام الخبث ـ المسطحات البرية. وما خفي كان أعظم... حيث تلتهم مكبّات النفايات معظم النفايات البلدية ومخلفات البناء، حيث تُفقد الطاقة المتبقية، ويَخلِق التحلُّل في ظل الظروف اللاهوائية تيارًا من المخلفات الفرعية المسبِّبة للمشكلات، بدءًا من الميثان؛ أقوى الغازات الدفيئة، وصولًا إلى الملوثات القابلة للارتشاح، مثل البنزين. وترسل الولايات المتحدة 40% من غذائها إلى مكبّ النفايات، وتتخلص من 70% إلى 80%



من مخلفات البناء والهدم التي تولِّدها بمعدل 145 مليون طن سنويًّا، على الرغم من أن كثيرًا من الأخشاب والمعادن والفلزات قابل لإعادة التدوير. وفي عام 2012، أرسلت أوروبا ما يقرب من نصف مخلّفاتها ـ البالغ قدرها 2.3 مليار طن ـ إلى مكبّ النفايات، ناهيك عن أن ما يصل إلى 50% من مدخلات الطاقة الصناعية يتحول إلى حرارة مهدورة.

وإذا أخذنا في الاعتبار هذه الديناميكية الشديدة، إذَن.. كيف يمكن أن تصبح النظم الدائرية هي السائدة؟ تتمثل إحدى الإجابات في دمج تلك النظم في اقتصاديات دائرية؛ أي في دوائر متداخلة. ويتطلع هذا النموذج إلى إطالة عمر المنتجات في مرحلة «الاستخدام»، من خلال الحفاظ على قيمتها، وإزالة المنتجات الثانوية الضارة، مثل المواد السامة؛ لخلق حاضنة مثالية لشركات تتسم بالابتكار في مجال البيئة.

وبالنسبة إلى نموذج يصبّ في خانة التفكير الصديق للبيئة، يُعَدّ الاقتصاد الدائري مفهومًا هشًّا بصورة مدهشة. ففي عام 1966، تَفتَّق ذهن الاقتصادي كينيث بولدينج عن فكرة بشأن «تقنية متزنة، مغلقة الحلقة، عالية المستوى» في ورقته البحثية المهمة «اقتصاديات سفينة الأرض الفضائية القادمة»، (انظر: A. Rome *Nature* **527**, 443–444; 2015). وبعد خمسة أعوام، في مقابلة مع مجلة «لايف»، صرَّح المتخصص في نظرية النظم، ريتشارد بوكمينستر فولر ـ أحد مؤيدي نموذج «تحقيق المزيد باستخدام موارد أقل»، الذي يعود إلى عشرينات القرن العشرين ـ بأن التلوث «لا يعدو كونه موارد نغفل عن جَنْي ثمارها. إننا نسمح لتلك الموارد بالتبدُّد، بتجاهلنا لقيمتها». وقد شهد ذلك العالَم أيضًا في نشر كتاب «التصميم من أجل عالَم حقيقي»، (الناشر: بانثيون بوكس)، وهو الكتاب المهم الذي ألَّفه فيكتور بابانِك، المعلم القادم من فيينا، وأحد مؤيدي فولر، الذي هاجم بضراوة المصممين الذين يصنعون «سلالات كاملة من القمامة الدائمة، التي تُحْدِث فوضى بصرية»، ودَعَا إلى إقرار نظام أخلاقي للتصميم، شامل اجتماعيًّا، ومسؤول بيئيًّا.

وقد شهدت سبعينات القرن العشرين تطورات عملية بارزة.. فقد ركَّز «التصميم المتجدد» ـ بريادة مهندس المناظر الطبيعية جون تي. لايل ـ على استخدام الموارد المحلية المتجددة. وقد رتَّب المهندس المعماري السويسري والتر ستاهل الأفكارَ التي سبقته، ووضع أفكارًا جديدة أساسية، باعتبارها مبادئ لمعهده «برودكت لايف» في جنيف في ثمانينات القرن العشرين. وفي الآونة الأخيرة، أسَّس الكيميائي الألماني مايكل براونجارت، والمعماري الأمريكي ويليام ماكدونا ـ الذي دَرَس تحت إشراف لايل ـ نظامًا لاعتماد النظم والمنتجات، يحمل اسم «من المهد إلى المهد» ـ وهو تعبير ابتدعه ستاهل ـ يتعامل مع التدفق الصناعي، باعتباره كائنات حية، ومع المخلفات باعتبارها عناصر غذائية (C. Wise *et al*. *Nature* **494**, 172–175; 2013). وقد نُشر كتابهما «من المهد إلى المهد»، (الناشر: نورث بوينت) في عام 2002.

وفي الأساس، تُعَدّ مثل هذه الثورات التصميمية تعاونًا ممتدًّا بين الأجيال، حسب قول المؤرخ التقني والتر إيزاكسون (J. Light *Nature* **514**, 342–343; 2014). وفي تلك الأثناء، مضى التصميم الصديق للبيئة قُدُمًا، متجاوزًا الأدوات الدعائية والضمانات المنغلقة على نفسها، التي استُخدمت في سبعينات القرن العشرين، مثل علامة الجودة البيئة الألمانية «بلو إنجل» Blue Angel، التي يرمز شعارها إلى دورة الحياة. وتعمل مشروعات تجارية جديدة على إعادة تصميم مفهوم «الدائرية» من البداية، حسبما تُظْهِر دراسات الحالات. وتقوم شركة «إنتيرا» Enterra ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

في فانكوفر بكندا بإعادة تدوير الطعام العضوي غير المُباع؛ لإطعام يرقات الذباب، التي تَستخدِمها في تغذية الماشية (انظر: «تحويل المخلفات إلى بروتين»). أما شركة «إيروفارمز» AeroFarms في نيويورك، فتزرع ما يصل إلى 4 ملايين كيلوجرام سنويًّا من الخضر الورقية الصغيرة في «حقول رأسية» مغطاة، دون استخدام مبيدات حشرية، وباستخدام مياه أقل بنسبة 95% من القدر المستخدَم في زراعة الحقول العادية.

ويَعمل عدد من الشركات الكبرى القديمة على إدخال تجديدات على مفهوم «الدائرية». وتركز شركة «بام المملكة المتحدة للإنشاءات» BAM Construct UK ـ إحدى شركات «دويتش رويال بام جروب»، التي تأسست في عام 1869 ـ على التفكيك، بما يضمن كون المواد الخام التي تستخدمها إما قابلة للتبديل، أو يسهل فصلها، ويمكن تفكيكها (انظر: «التصميم للتفكيك»). كما خفّضت شركة «رولز رويس» البريطانية ـ وهي شركة عمومية محدودة، تهتم بمحطات توليد الطاقة لمحركات الملاحة الجوية والفضائية ـ استخدام المواد الخام، والتكاليف، والانبعاثات، من خلال برنامجها لإعادة التدوير، المسمَّى «ريفيرت» Revert (انظر: «إنشاء نظم تزويد متينة»)، الذي يعزز كلًّا من مفهوم «الطاقة المستهلَكة في الساعة» Power by the hour، ومفهوم إعادة التصنيع.

كما بدأت الحكومات والمجتمعات الأكاديمية في إعمال التفكير الدائري، ابتداءً من الصين، وصولًا إلى أوروبا. وتهدف البحّارة والرحّالة البريطانية إلين ماكارثر إلى الإسراع من وتيرة هذا التحول، من خلال مؤسستها التي تحمل اسمها في كاوز بالمملكة المتحدة، التي وضعت آخِر ما توصَّلنا إليه من معرفة للتوعية والدفع نحو حلول مبتكرة للاقتصاد الدائري، التي تتعاون بجد ونشاط مع الشركات والجامعات المتخصصة في التصميم والهندسة. ويضم مجلس إدارة المؤسسة: جامعة دلفت للتكنولوجيا في هولندا، وجامعة برادفورد بالمملكة المتحدة، التي كان لها سبق افتتاح برنامج الماجستير في الاقتصاد الدائري في عام 2013، إلى جانب 12 جامعة (ضمن مشاركة مع مؤسسة عائلة «شميدت» الأمريكية في بوكا راتون بفلوريدا)، من بينها معهد ماساتشوستس للتقنية في كمبريدج، وجامعة تونجي في شنجهاي في الصين، والمعهد الوطني الهندي للتصميم في أحمد أباد، وكلية لندن الامبراطورية.

وإجمالًا، يؤسس هذا كله لما هو أكثر بكثير من مجرد لمعة في عيون بوكمينستر فولر، ولكن، إذا كان الاقتصاد الدائري نظامًا بيئيًّا يسعى للابتكار «الأخضر»، فإنه سيكون بصورةٍ أساسية بمثابة نظام بيئي جزيري؛ أي تَنْدُر فيه ممرات الحياة البرية. ولم تتبنَّ أي مدينة، أو منطقة، أو بلد هذه الرؤية بصورة كاملة. وفي وقت لا يقف فيه العالَم ـ السائر في طريق التحضُّر، والمستهلِك، والمنتج للمخلفات ـ بلا حراك؛ إذ تقدِّر منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أن الطبقة الوسطى على المستوى العالمي (بكل ما لها من تطلعات مادية ودخل «متاح») ستتضخم لتصل إلى 4.9 مليار نسمة بحلول عام 2030 (من 1.8 مليار في 2009). وفي غضون ذلك، تحدث تغيرات مستمرة، يصعب التنبؤ بها، يسهم في صنعها المشهد الصناعي العالمي المتصاعد، والمكوَّن من خليط من الشركات الناشئة، والمحلية، ومتعددة الجنسيات، يسلك معظمها المسار الاعتيادي للأعمال.

وثمة مشكلات أيضًا في النموذج الدائري نفسه، حيث يشير مارتن تشارتر ـ مدير مركز التصميم المستدام في جامعة الفنون الإبداعية في فارنهام بالمملكة المتحدة ـ إلى «حالة الْتِبَاس تحيط بهذا المفهوم. فربما لا يبلغ عدد الشركات التي تبنَّت الفكر الدائري الحقيقي كاستراتيجية أساسية إلا 100 شركة فقط على مستوى العالم». وفيما يتعلق بالدائرية الاسمية، المتمثلة في التحول إلى النظام الرقمي، فإن مراكز البيانات تهدر ما متوسطه 90% من الطاقة التي تستهلكها (30 مليار وات، تعادل ما تنتجه 30 محطة طاقة نووية)، وتُعَدّ مسؤولة عن 17% من البصمة الكربونية التقنية. وعلى الرغم من أن «دراسة الجدوى» للمشروعات الدائرية تبدو لافتة، حيث يقدِّر المستشارون في شركة «ماكنزي وشركاه» أن بوسع تلك المشروعات أن تضيف 2.6 تريليون دولار إلى الاقتصاد الأوروبي بحلول عام 2030، فإن استحواذ الجدوى الاقتصادية على الاهتمام يُعَدّ نقطة ضعف؛ إذ قد يتعارض «اقتصاد النمو» مع الاستدامة. ففي عام 2014، على سبيل المثال، انسحبت شركة «شيفرون»، وعدد من كبرى شركات البترول من استثمارات في قطاع الطاقة المتجددة، بسبب ضعف المردود. ويمكن للطابع التنافسي و«المرتبك» للأعمال أن يعوق التعاون الذي هو في صلب التصميم الصديق للبيئة. ويشير مهندس التصميم البريطاني كريس وايز إلى أن تطبيق استخدام «الحد الأدنى من المواد» يتعارض مع الهدف الأساسي لقطاع الإنشاءات، المتمثل في بيع مواد أكثر (C. Wise *et al*. *Nature* **494**, 172–175; 2013). ويُعَدّ «التأثير الارتدادي» ـ الذي يؤدي فيه تعزيز الفاعلية إلى تعظيم الاستخدام أو الاستهلاك ـ مشكلة أخرى.

يُقال إن الفنان جوتُّو ـ الذي عاش في القرن الثالث عشر ـ أثبت عبقريته برسمه دائرة مثالية. وتُعَدّ دورات المحيط الحيوي ـ من الماء إلى التربة ـ من عجائب الاقتصاد. لذا.. تمسّ فكرة الدوائر وترًا حساسًا في نفوسنا، بيد أن نظرة واحدة إلى أيّ مدينة كبيرة تكشف عن وجود انفصال وتلوث وتفاوت اجتماعي. فهل سنتمكن من تحقيق اقتصاد دائري؟

باربرا كايسر



مهندسون يعملون على محرِّك من طراز BR725 من إنتاج شركة «رولز رويس».

ROLLS ROYCE

أندرو كليفتون

إنشاء نُظُم تزويد متينة

مدير الاستدامة بقطاع الهندسة والتصميم في شركة «رولز رويس»، ديربي، المملكة المتحدة.

يخلق الضغط المتزايد على الموارد ـ مِن جرّاء النمو السكاني، والطلب المتزايد على الطاقة ـ تحديًا أمام الصناعات التي تَعتمِد على التزويد المستمر للموارد.

وتقوم «رولز رويس» ـ التي تصمِّم أنظمة طاقة متكاملة، تُستخدم في الجو، أو على البر، أو في البحر، وتصنعها، وتطوِّرها، وتعمل على صيانتها ـ بمواجهة هذا التحدي باستخدام برنامج إعادة تدوير متقدِّم، يُسمى «ريفيرت» Revert. ويُعَدّ هذا البرنامج ثمرة عمل تعاوني بين «رولز رويس»، وموردِّي المواد التابعين لها، وقد جرى تنفيذه في 100 منشأة صناعية.

هذا.. وينبغي أن تتحمل المنتجات المصنّعة لتطبيقات الملاحة الجوية والفضائية ظروف التشغيل القاسية، حيث تختبر محركات طائرة تعمل بتوربينات غازية درجات حرارة تتراوح بين 40-، و2000 درجة مئوية، وأثناء الإقلاع، تساوي الأحمال الموضوعة على المروحة الأمامية للمحركات تعليق 9 حافلات من طابقين على كل شفرة من شفرات المروحة.

> «يمكن إعادة تدوير ما يقرب من نصف محرِّك طائرة مستعملة ليُستخدَم على نحو آمن في صنع محرِّك جديد».

وتستلزم مثل تلك المتطلبات استخدام سبائك من معادن نادرة، مثل الرينيوم، والهافنيوم، والنيكل، والتيتانيوم؛ لتحقيق الكفاءة، والأداء الأفضل، وتقليل الوزن، حسب مواصفات محركات الطائرات المتطورة اليوم. وتستخدم «رولز رويس» ما يزيد على 20,000 طن من تلك السبائك سنويًّا. ولتأمين استراتيجي للمواد، ولخفض التكاليف، تعمل الشركة ـ قدر الإمكان ـ على إعادة التدوير بصفة مستمرة، بيد أن إعادة تدوير المواد ـ لإعادة استخدامها ـ في صورة مكونات لهذه المحركات ليست ببساطة إعادة تدوير المواد العادية، مثل إعادة تدوير صفائح الألومنيوم، أو خردة الفولاذ. وتتطلب الجودة العالية للمادة ودرجة تعقيد السبائك العديد من إجراءات الحماية الإضافية، حين يكون من المزمع إعادة تدوير المادة؛ بغرض إعادة استخدامها.

وقد صُمم برنامج «ريفيرت» ـ الذي بدأ استخدامه قبل عقد مضى ـ للمساعدة في تقليل المصروفات والمخاطر، وكذلك لخفض الأثر البيئي، وتأمين المواد. ومن خلال البرنامج، يتم جمع المعادن التي تُزال أثناء تصنيع المكونات، ومن أجزاء المحرك التي لا يمكن إصلاحها، ثم يتم فصلها حسب نوع السبائك، وتنظيفها من جميع الشوائب والملوثات، وأخيرًا إعادتها إلى المزوِّد؛ لإعادة تدويرها. وينتج عن هذا المستوى الإضافي من الإدارة مواد مدوَّرة ذات جودة عالية، مع وجود مراحل متسلسلة لمراقبة الجودة لدى المزوِّد، بحيث يستطيع تحويل المواد إلى سبائك صالحة للاستخدام في محركات الملاحة الجوية والفضائية.

وعلى ذلك.. يُعَدّ البرنامج مكسبًا لجميع الأطراف؛ إذ يقدِّم قيمة مضافة لكل من المزوِّد، والمستخدِم، والبيئة. يستفيد المزوِّد من وجود مصدر موثوق لمادة عالية الجودة، تعيد تغذية عمليات الإنتاج لديه. كما تستفيد «رولز رويس» من تأمينها اتفاقيات طويلة الأمد مع المزوِّدين الذين يضمنون التوريد، مقابل استعادة المواد عبر برنامج «ريفيرت». ويستفيد المجتمع والبيئة من تقليل الأثر البيئي، وخلق فرص عمل؛ فقد وَفَّر البرنامج نحو 60 إلى 70 وظيفة في مقر «رولز رويس» في ديربي بالمملكة المتحدة، لجمع المادة ومعالجتها. وقد خَفَّض البرنامج الطلب على استخدام المواد الأوّلية، موفرًا ما يزيد على 300,000 ميجا وات في الساعة سنويًّا (بما يعادل تزويد 27 مليون منزل بالطاقة لمدة يوم)،

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

وخافضًا انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي 80,000 طن سنويًّا (بما يعادل الانبعاثات الصادرة من سيارة عائلية عادية تجوب العالم 13,000 مرة).

ونتيجة لاستخدام هذا البرنامج، يمكن إعادة استخدام معظم المواد المصنَّعة بواسطة «رولز رويس» باعتبارها جزءًا من نظام مغلق الحلقة. ويتم التقاط ما بين 90% و100% من سبائك التيتانيوم والنيكل المتخلِّفة عن عمليات التشغيل الآلي، مثل القطع والخراطة، ويُعاد معالجتها لتصبح مادة ذات جودة عالية، تصلح لاستخدامات الملاحة الجوية والفضائية. وإضافة إلى ذلك.. يمكن إعادة تدوير ما يقرب من نصف محرك طائرة مستعملة، بحيث تكون المادة المستخلَصة عالية الجودة بما يكفي لتُستخدم على نحوٍ آمِن في صنع محرِّك جديد. وتتم إعادة تدوير أي مواد فِلزية لا يمكن تدويرها بواسطة البرنامج ـ إما بسبب التكلفة، أو بسبب قيود تقنية ـ باستخدام برامج إعادة التدوير العادية التي تتبعها «رولز رويس».

يصنع برنامج «ريفيرت» فارقًا كبيرًا؛ إذ يحدّ من احتياج «رولز رويس» إلى المواد الخام، ويقلل بدرجة كبيرة كلًّا من التكلفة، واستهلاك الطاقة، وانبعاثات الغازات الدفيئة.

SOURCE: ENTERRA FEED CORPORATION

أندرو فيكرسون

تحويل المخلفات إلى بروتين

كبير مسؤولي التقنية بشركة إنتيرا فييد، فانكوفر، كندا.

تَستخدِم مزارع السَّمَك وغيرها من أنظمة تربية الماشية أعلافًا سمكية برية، مثل الرنجة، والأنشوفة، باعتبارها مواد غذائية مقدَّمة في صورة وجبة سمكية، وزيت سمكي. ومع ذلك.. تفيد تقارير منظمة الأغذية والزراعة ـ التابعة للأمم المتحدة ـ بأن أنواعًا كثيرة من الأعلاف السمكية تلك يتم استغلالها بصورة كاملة، ويُستنزَف بعضها.

وعندما التقى عالِم البيئة ديفيد سوزوكي بالمهندس براد مارشانت في عام 2007 في رحلة بالقارب شمالي كندا، تساءل مارشانت حول إمكانية وجود مصادر بديلة للعلف. من جانبه، تساءل سوزوكي، مشيرًا إلى الخطاف في نهاية صنّارته: «لِمَ لا تكون الحشرات هي البديل؟» ومن هنا، أتت فكرة إنشاء شركة «إنتيرا فييد» Enterra Feed Corporation في فانكوفر، كندا، التي يتولى مارشانت منصب الرئيس التنفيذي فيها.

وقد نظر مارشانت ـ الذي يتمتع بسجِلّ حافل من إنشاء شركات صغيرة للتطبيقات الصناعية لعلم الأحياء ـ إلى الحشرات باعتبارها حلًّا لمشكلتين عالميتين كبيرتين: نقص العلف المستدام، والطعام المهدور، حيث ينتهي الحال بمعظم المواد الغذائية المعقدة في المخلفات العضوية إلى مكبّ النفايات، أو منشآت صنع الأسمدة، أو تحويل المخلفات إلى طاقة، أو التخمر اللاهوائي. كما أدرك مارشانت أن اليرقات الحشرية بوسعها أن تصبح جزءًا من حلقة مغلقة، تستهلك الطعام معاد التدوير، ويمكن استخدامها لخلق مصدر متجدد للمواد الغذائية اللازمة لتربية الماشية. ويسمح تَغَذِّي الحشرات

التدوير بالاعتماد على ذبابة

تتم تغذية يرقات الحشرات المحلية المفيدة على الأطعمة غير المباعة، مما يُحدث تحويلًا حيويًّا للمواد الغذائية. وتوفر اليرقات الناتجة أعلافًا حيوانية، وأسمدة عالية الجودة.

يفقس البيض عن يرقات

تتم معالجة المخلفات العضوية للأطعمة، لتغذية اليرقات

تضع 6 ملايين ذبابة جندي أسود *Hermetia illucens* بيضها.

لثلاثة أسابيع، تتم تغذية اليرقات التي تلتهم كميات ضخمة من الغذاء في ساعات قليلة

يتم فصل اليرقات البالغة

1% تُعاد إلى المفرخة لإنتاج البيض

تتم غربلة المخلفات (الروث)

99% تُجمع وتُحوّل إلى علف لحيوانات المزرعة

... لتستخدم كسماد عضوي مُعتمَد للمحاصيل

القيمة الغذائية النهائية: 40% بروتين، و40% دهون

استزراع مائي

حيوانات المزرعة

على المخلفات باستعادة المواد الغذائية، وإعادة استخدامها، باعتبارها مصدرًا قَيِّمًا للبروتين والدهون، من خلال عملية تحويل حيوية طبيعية (انظر: «التدوير بالاعتماد على ذبابة»).

وتصل يوميًّا أطعمة غير مباعة ـ بصورة أساسية الفواكه، والخضراوات، والمخبوزات، والحبوب من محلات البقالة المحلية، وشركات الأغذية ـ إلى مقر إنتيرا في فانكوفر. ويُخلط هذا العلف في صهاريج كبيرة؛ لإنتاج غذاء متوازن ليرقات ذبابة الجندي الأسود *Hermetia illucens* الكبيرة الغنية بالبروتين. وبِسماتها الحالية، يمكن لليرقة في إنتيرا أن تستهلك ما يصل إلى 100 طن من الطعام يوميًّا. أما الذبابة البالغة، التي لديها أجزاء فموية غير وظيفية، فإنها لا تقضم ولا تأكل، وبدلًا من ذلك.. تعتمد على الطاقة المخزَّنة أثناء مرحلة اليرقة؛ لتطير وتتكاثر.

يمكن لذبابة الجندي الأسود أن تحوِّل مخلفات الأطعمة إلى علف وسماد.

PAUL HUDLOW

وتنتِج 6 ملايين ذبابة بالغة في المفرخة قدرًا ثابتًا من البيض. وبمجرد أن يحدث التفريخ، تتم تغذية اليرقات يوميًّا لمدة حوالي ثلاثة أسابيع. ويتم استهلاك كل شحنة من العلف خلال ساعات قليلة، بينما يُحتاج إلى أسابيع أو شهور لتحليل الطعام في منشآت صنع السماد، أو لتحويل المخلفات إلى طاقة.

وبمجرد أن تصبح اليرقات جاهزة للحصاد، تتم غربلتها ميكانيكيًّا؛ لاستبعاد المخلفات، أو الروث الذي يتم التعامل معه على حدة، بتحويله إلى أسمدة طبيعية مُعتمَدة لاستخدامات المحاصيل العضوية. وتتم إعادة 1% تقريبًا من اليرقات الناتجة إلى المفرخة؛ لإنتاج المزيد من الذباب والبيض. أما النسبة الباقية، فيتم تحويلها إلى علف، بعد تجفيفها، ومعالجتها بالحرارة، وتعبئتها في قوالب كبيرة، تتكون من بروتين بنسبة 40%، ودهون بنسبة 40%، ويمكن أن يتم شحنها كما هي، باعتبارها مصدرًا للبروتين والزيوت معًا، أو يتم تحويلها إلى غذاء وزيت منفصلين. ويمكن استخدام وجبة اليرقات في إطعام الحيوانات، باعتبارها بديلًا مباشرًا للمواد الغذائية غير المتجددة بصورة كبيرة، مثل السمك، وفول الصويا.

ويذهب أكثر من 70% من مبيعات «إنتيرا» إلى الولايات المتحدة. وفي يناير الماضي، تلقَّت الشركة ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



BAM BOUW EN TECHNIEK

مبنى بلدية برومن، هولندا، الذي تم بناؤه بما يسمح بالتفكيك وإعادة التدوير.

◄ موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية «FDA» وجمعية مراقبة الأغذية الرسمية الأمريكية «AAFCO» لاستخدام اليرقات المجفَّفة علفًا للحيوانات في مزارع السلمون. ومن المتوقع قريبًا الحصول على موافقة فيما يخص الدواجن وغيرها من حيوانات المزرعة. وقد كان السبيل إلى الحصول على الموافقة أبطأ في الوطن الأم؛ فلا يزال الطلب الذي تقدمت به الشركة معلَّقًا لدى الوكالة الكندية لفحص الأغذية «CFIA» منذ عام 2012. وتأمل «إنتيرا» في بيع منتجاتها في كندا؛ لكي تغلق بحق حلقة الطعام معاد التدوير على النطاق المحلي، من خلال إنتاج مواد غذائية متجددة لقطاع العلف المحلي، باستخدام موارد محلية. وباستثمار يبلغ 7.5 مليون دولار أمريكي، و21 وظيفة ـ بدوام كامل ـ تم توفيرها حتى اليوم، تخطِّط «إنتيرا» للدخول في مشارَكات على المستوى العالمي، تشمل أوروبا، والولايات المتحدة، وأمريكا الجنوبية، وآسيا.

نيتيش ماجداني

التصميم للتفكيك

مدير الاستدامة، شركة «بام المملكة المتحدة للإنشاءات»، هيميل هيمبستيد، المملكة المتحدة.

مع شركة الإنشاءات المستدامة «بام المملكة المتحدة للإنشاءات»BAM Construct UK ، ساعدتُ في إنشاء مبانٍ تؤدي الغرض منها بالكفاءة المطلوبة مدى الحياة. وينصبّ تركيزي على التصميم المتكيف مع البيئة، والمواد والإنشاءات المتجددة، المكوَّنة من وحدات نمطية، قليلة الاستهلاك للطاقة. وتأثرتُ في ذلك كثيرًا بمقاربة «من المهد إلى المهد» والمعماريين الذين يستكشفون طرقًا لمحاكاة الطبيعة، مثل أنطوني جاودي، وسانتياجو كالاترافا. وقد قدَّم نموذجُ الاقتصاد الدائري فكرة تنظيمية أكبر، يتم باستخدامها توليف تلك الخيوط، بحيث تَعتمِد على استخدام مواد، يمكنها أن تحتفظ بقيمتها لمدة أطول، ويمكن رَدّها في نهاية المطاف إلى دوراتها الحيوية أو التقنية ـ من خلال إعادة الاستخدام، أو إعادة تحديد الغرض، أو إعادة التصنيع ـ بهدف تقليل المخلفات، واستكشاف فرص اقتصادية جديدة.

ويُعَدّ مشروع مبنى البلدية في برومن، هولندا، أول مشروع «دائري» ريادي قامت به شركة «بام». احتاج العميل ـ نتيجةً لتوسُّع عمله ـ إلى توسيع المبنى القائم، وخلق مساحة أكبر تخدم احتياجاته لمدة 20 عامًا أخرى على الأقل. وبالتعاون مع شركة «رو أركيتيكتس» Rau Architects في أمستردام، والشركة الشقيقة لها «تورن توو» Turntoo، قدَّمنا «مبنى بمثابة بنك مواد»؛ لتعظيم القيمة بالنسبة إلى البلدية، مع الأخذ في الاعتبار أنها قد ترغب في نقل مكاتبها لاحقًا. وقد راعى عرضنا التنافسي الرابح التكلفة الإجمالية للمبنى في 20 عامًا من تشغيله، وقدَّم تقديرًا أدَقّ للتكلفة، مقارنةً بالمقاربات التقليدية. وكان المفتاح لتحقيق ذلك، أنه بعد 20 عامًا، سيكون من الممكن إعادة مكوِّنات المبنى ـ مثل الهياكل الخشبية، والمعادن ـ بموجب عقدٍ إلى المورِّدين، وبذلك تتم الاستفادة بما لا يقل عن 20% من القيمة المتبقية. وتقلِّل المنهجية «مغلّقة الحلقة» تلك من اعتماد المصنِّعين على المواد الأوّلية، ومن تقلُّب الأسعار.

> «تُعَدّ الشفافية في سلاسل التزويد أمرًا أساسيّا، مما يحتم أن يكون عملنا تآزريًّا للغاية».

وتشمل العناصر الفنية الخاصة بالتصميم للتفكيك: الصورة الإجمالية، والقشرة الخارجية، والأجزاء الداخلية، والتبريد. ويتجنب هذا النوع من التصميم الطلاءات والراتنجات، بقدر الإمكان؛ لجَعْل الأجزاء قابلة للتبديل، وللسماح بفصل المواد الخام ذات القيمة. ولأنه ينبغي أن تحتفظ المكونات بقيمتها بمرور الوقت، اسْتَعَنَّا بشركاء، مثل مصنِّعي ومورِّدي الإلكترونيات؛ شركة «فيليبس» Philips، وشركة «إيت بوينت ثري» 8Point3. وتتضمن العديد من مشروعاتنا أيضًا عناصر مسبقة التصنيع، حتى يتمكن التصميم ـ من خلال عملية حيازة قياسية ـ من تقليل تكلفة الإنتاج، وفي الوقت ذاته رفع القيمة الكامنة للمكونات الأساسية إلى أكثر من 50%.

وفيما هو أبعد من المواد، ننظر في أمر الأنظمة والعمليات، مثل تكلفة التفكيك، واللوجستيات، وتخزين المكونات، وكيف يمكن القيام بذلك، ومن يقوم به، كما نقرِّر مَن سيملك المواد، ومَن سيتحمل مسؤوليتها خلال مرحلة الاستخدام. وتُعَدّ الشفافية في سلاسل التزويد أمرًا أساسيًّا، مما يحتم بطبيعة الحال أن يكون عملنا تآزريًّا للغاية. ويُعَقِّب ساندر هولم، الرائد في مجال الاستدامة في شركة الهندسة والبناء الهولندية الشقيقة BAM BouW en Techniek قائلًا: «يجب أن يجلس المصنِّعون والمزوِّدون إلى طاولة واحدة في أقرب وقت ممكن؛ فهذا النوع من التعاون المشترك يقود إلى ابتكار أعلى، ويعزز القيمة المتبقية».

نعمل حاليًّا لإطلاق مشروع مع شركة «ذا جريت ريكوفري» The Great Recovery، وهي شبكة الاستدامة التي انطلقت في عام 2012 بواسطة «الجمعية الملكية لتشجيع الفنون والمصنوعات والتجارة»، التي عُرفت سابقًا باسم «الجمعية الملكية للفنون» RSA، لندن؛ لتشجيع المصممين والمصنِّعين والمشتغلين بإعادة التدوير على الاشتراك في تطوير حلول لإعادة استخدام المواد. وفي منهجية «الهَدْم» التي نستخدمها، تكون نظم الإنتاج منتقاة بعناية، لتمحِّص المشكلات والفرص الماثلة أمام «الارتقاء بالتصميم إلى الدائرية». وستركز الشركة على الجانب الإجرائي للاقتصاد الدائري، بما في ذلك نمذجة معلومات المباني، ومصدر المعلومات الرقمية المتاحة، الذي يُستخدم في اتخاذ قرارات بخصوص دورة حياة مبنى مثل إنتاجية الموارد.

وفي الوقت الراهن، لا شيء يضمن أن المباني أو المنتجات المصمَّمة باستخدام مواد طبيعية أو للتفكيك ستتم إعادة استخدامها. كما أنه لا يتوفر إلا القَدْر اليسير من المعلومات حول القيمة المالية للمباني القائمة، وحول إمكانية خضوعها لتجديد مستدام، لكنّ هذا يجب أن يتغير. ومن بين التحديات الماثلة أمام شركة «بام»، تلك الحاجة إلى التوعية بسلسلة القيمة، بما يشجع صناعتنا على التملك، مع التركيز على المستقبل البعيد، والتحول إلى العقود القائمة على مبدأ «الأداء»، أو الاسترجاع»، التي يأخذ فيها المزوِّدون على عاتقهم مسؤولية الصيانة، والدعم، وتوفير قطع الغيار. وبالتعاون مع «كلية استدامة سلاسل التوريد» بالمملكة المتحدة، استضافت «بام» أولى حلقات سلسلة ورشات العمل؛ لتجاوز بعض الحواجز التي تعترض نماذج الاقتصاد الدائري. واستنادًا إلى وضع الشركة، باعتبارها إحدى الشركات الرائدة الواردة في «دليل ممارسات الاقتصاد الدائري الهولندي» لعام 2015، فإننا ننتقل تدريجيًّا من التركيز على تقليل المخلفات أثناء عملية البناء إلى تقليل المخلفات على مدار دورة حياة المبنى. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الحشرات

براعــة نابوكــوف العــلميــة

يمتعنا **فلاديمير لوهتانوف** بدراسة عن إسهامات نابوكوف البارزة في علم الأحياء.

يُشْهَد لفلاديمير نابوكوف بتأثيره في الأدبين.. الروسي والإنجليزي. ويَعرِف كثيرون كذلك شغف هذا الروائي الدائم بالفراشات، لكن إسهاماته البارزة في علم حرشفيات الأجنحة، وفي علم الأحياء العام لم تكن معروفة بصورة كبيرة حتى وقت قريب.

لم يكن نابوكوف عالِم حشرات هاويًا. لقد كان لست سنوات يعتني بمجموعة الفراشات في متحف علم الحيوان المقارن بجامعة هارفارد في كمبريدج في ماساتشوستس، ونشر العديد من الأوراق العلمية ـ التي ما تزال مهمة حتى الآن ـ في علم التصنيف (العلم المهتم بوصف وتصنيف الكائنات الحية). وقد مَهَّدَتْ ملاحظاته حول الشكل الظاهري للفراشات لبحوث مهمة في علم الأحياء التطورية، وتم تأكيد الكثير من فرضياته المتعلقة بالجغرافيا الحيوية في السنوات القليلة الماضية. ويوضح كتاب «خطوط دقيقة» *Fine Lines* (جمع وتحرير: ستيفن بلاكويل، وكيرت جونسون) أهمية أعمال نابوكوف العلمية، ويتتبع أثرها في رواياته.

يبدأ الكتاب بعرض 154 رسمًا (ملونًا وغير ملون) من رسوم نابوكوف، التي تُظْهِر تركيبات تشريحية دقيقة للفراشات. ويعود معظمها إلى أنواع أمريكية، وآسيوية، وأوروبية من القبيلة التصنيفية «بوليوماتيني» Polyommatini، المعروفة بـ«الزرقاوات»، وهي مجموعة نابوكوف المفضلة. تتبع ذلك عشر مقالات لباحثين بارزين، منهم عالِم الأحياء التطورية جيمس ماليت، وأمينة متحف الفراشات الحالية بهارفارد نعومي بيرس، والباحث المتخصص في حرشفيات الأجنحة روبرت بايل، موضِّحين التداخل بين العلم والفن في كتابات نابوكوف. ويَعرِض كتاب «خطوط دقيقة» الأثر الجَلِيّ للعلم في تطور نابوكوف الكاتب.

جاء قرار تصدير الكتاب بالرسوم موفَّقًا للغاية؛ فهي تُظْهِر أحد أهم عناصر الإبداع لدى نابوكوف، وهو اهتمامه البالغ بالتفاصيل، ووصفها بدقة فائقة. في رواياته، يلتقط نابوكوف ـ بسلاسة ـ التفاصيل المُهمَلة، والخيالات العابرة، والأفكار، ليصنع منها عالمًا متينًا، قوامه الملاحظة. قد يبدو شيءٌ ما تافهًا، أو خاصًا، لكنه سيكون دائمًا ـ بالنسبة إليه ـ جديرًا بالتأمل. لقد حَلَّل في دراسته لعلم الحشرات النقاط الدقيقة التي لا تكاد تُرى على أجنحة الفراشات، الحديثة منها والقديمة؛ ليستقرئ ما حدث على الأرض قبل ملايين السنين. وعلى الرغم من أن علم الأحياء القديمة لم يمده بأي معلومات، خمَّن نابوكوف بأنه تم استيطان أمريكا الشمالية، ثم الجنوبية بخمس موجات من الفراشات المهاجرة من آسيا (V. Nabokov *Psyche* **52**, 1–61; 1945)، وهو التصور الذي أكَّده تحليل الحمض النووي بعد حوالي 70 عامًا في إحدى الدراسات (R. Vila *et al*. *Proc*. *R*. *Soc*. *B* **278**, 2737–2744; 2011).

تُعَدُّ هذه «التنقيطية» pointillism أصعب مما يبدو عليه الأمر إذ إن مراكمة ملايين العناصر؛ لبناء تصور عن شيء ما، أمرٌ قد ينتهي إلى فوضى عارمة؛ حيث يلزم أولًا فَهْم طبيعة هذه العناصر، وامتلاك القدرة على الاختيار من بينها. ويختلف الرسم العلمي كثيرًا في جوهره عن التصوير الفوتوغرافي، بتركيزه على صلب الموضوع، وإهماله التفاصيل غير الضرورية، وهذا مهم في العلم، وفي الفن، على حدٍّ سواء، فلكليهما الهدف الرئيس نفسه؛ وهو الكشف عن جوهر الأشياء المجهول، أو غير المرئي. وتُعَدّ تلك إحدى النقاط الأساسية التي تَنَاوَلها كتاب «خطوط دقيقة».

إنّ العلم والفن لا يتواصلان مع عقولنا بالطريقة نفسها.. ففي العلم، تتعلق القدرة على إيصال الفكرة بصورة جيدة وبسيطة بالمهارات الخاصة، وبإمكان الجميع تقريبًا اكتساب تلك المهارات، بينما يختلف الأمر في الفن. وتتميز رسوم نابوكوف بالدقة العلمية، لكنها مذهلة فنيًّا أيضًا، وتُظْهِر أن التكامل بين الشكل والمحتوى يوصل الأفكار الفنية بطريقة رائعة. ومن ذلك.. فإن الأفكار الرائعة تصبح مبتذلة، إذا افتقرت إلى البراعة الفنية.

لقد تضافرت العوامل الشخصية والفنية والعلمية في حياة نابوكوف تضافرًا قويًّا. يصف أحد كُتّاب المقالات التي ضمَّها الكتاب ـ وهو الكاتب العلمي دوريون ساجان ـ حالة الاتصال بين الطبيعة والفن لدى نابوكوف، قائلًا: «إن العلم والفن ـ باعتبارهما مسارين مختلفين في الاتجاه، متساويَين في الأهمية ـ وجهان لعملة واحدة، وكلاهما يعبر عن عظمة الشخصية».

تصطبغ الكتابات الأدبية لنابوكوف بصبغة علمية، يسهب كتاب «خطوط دقيقة» في توضيحها. لقد كان نابوكوف بارعًا في استخدام الرموز والمجازات. وفي روايته «لوليتا»، (الناشر: أوليمبيا، 1955)، اشتق مثلًا اسم مدينة «ليبنجفيل» Lepingville من كلمة «ليبنج» Lepping، وهي تعبير دارج عند صائدي الفراشات عن عملية مطاردتها، ونَحَتَ اسم «إلفينستون» Elphinstone من تحت الجنس التصنيفي *Elphinstonia* التابع لجنس الفراشات البيضاء *Euchloe*. كما بَنَى الحبكة الكاملة تقريبًا لروايته «الصيادون المسحورون» *Enchanted Hunters* على رموزٍ متعلقة بالفراشات. ويرتبط اسم بطلة روايته «ديانا» بكل من إلهة الصيد العذراء، وأحد أنواع الفراشات *Speyeria diana*. ويكشف الباحث في أعمال نابوكوف برايان بويد أن اسم الشخصية المحورية في المسرحية «إدوسا جولد» Edusa Gold مأخوذ من *Colias edusa*، وهو الاسم القديم الذي ما زال معمولًا به لفراشةٍ يَغلب عليها اللون الأصفر، تُعرف الآن باسم *Colias croceus*. وأستطيع أن أُضيف أن اسم شقيقة البطلة «إليكترا جولد» Electra gold مأخوذ من اسم الفراشة *Colias electra*، وهو الاسم غير الشائع لنوع آخر من الفراشات الأفريقية الصفراء، التي تُعرف الآن باسم *Calias electo*. وتتناسب مهارته في اشتقاق هذه الأسماء ـ التي أحياها من بين ركام الأسماء العلمية القديمة غير المستخدَمة ـ مع أجواء الغموض في هذه الرواية المثيرة للجدل.

لقد أعددتُ هذا المراجعة للكتاب في متحف بيت نابوكوف في سانت بطرسبرج بروسيا. وهناك اكتشفت ـ بالاطلاع على نسخة عائلة نابوكوف من كتاب التاريخ الطبيعي المُصَوَّر للفراشات والعثات البريطانية *An Illustrated Natural History of British Butterflies and Moths*، الذي أَلَّفَه إدوارد نيومان (الناشر: ويليام جليشر، 1870) ـ أن نابوكوف قام في طفولته بتلوين الصورة غير الملونة للفراشة الصفراء بدقة مذهلة. ويوضح خبير علم الحيوان فيكتور فِت في كتاب «خطوط دقيقة» أن تركيز نابوكوف في طفولته على جَمْع الفراشات ورَسْمها زَوَّدَه بنوع خاص من الذاكرة المدرَّبة وقوة الملاحظة، إضافة إلى التركيز على التفاصيل الدقيقة.

يستطيع قليلون المزج بين السعي العلمي الجاد، وبين التألق الفني بشِقَّيْه ـ المرئي، واللفظي ـ مزجًا جميلًا وهادفًا إلى هذا الحد. ويساعدنا كتاب «خطوط دقيقة» في فَهْم هذه القدرة الإبداعية الاستثنائية، التي لا قِوَام لعِلْم جيد، ولا لفن حقيقي بدونها. ■



أحد رسوم فلاديمير نابوكوف للسطح الداخلي لأجنحة الفراشات.

REPRODUCED BY PERMISSION OF THE V. NABOKOV ESTATE/ THE HENRY A. & ALBERT W. BERG COLLECTION, NEW YORK PUBLIC LIB.



خطوط دقيقة: رسوم فلاديمير نابوكوف العلمية
تحرير: ستيفن إتش. بلاكويل، وكيرت جونسون
مطبعة جامعة ييل: 2016.

فلاديمير لوهتانوف عالِم وباحث معروف بمعهد علم الحيوان في الأكاديمية الروسية للعلوم في سانت بطرسبرج، وأستاذ علم الحشرات في جامعة ولاية سانت بطرسبرج.
البريد الإلكتروني: lukhtanov@mail.ru

EPA

تحوَّلت احتجاجات مناهِضة لمشروع التعدين «لاس بامباس» الصيني في بيرو في العام الماضي إلى أعمال عنف.

علم الاقتصاد

الصيـــن في العـــالم الجـديـــد

تدرس **مارجريت مايرز** تأثيرات الوجود الصيني في أمريكا اللاتينية.

على مدار الخمس عشرة سنة الماضية، أفضى ما تشهده الصين من انتعاش اقتصادي وازدهار عمراني ـ في ظل ارتفاع أسعار السلع الأساسية ـ إلى تزايد الطلب على الفولاذ، والنحاس، وغيرهما. ولطالما كانت أمريكا اللاتينية شريكًا أساسيًّا للصين، إذ تنتج شيلي ـ على سبيل المثال ـ 40% من واردات الصين من النحاس الخام، كما أن البرازيل مسؤولة عن 49% من واردات الصويا. ويدفع قلق الصين المتزايد حيال قدرتها على تأمين احتياجاتها من الطعام والطاقة إلى إبرام تعاقدات واتفاقات مع البلدان الغنية بالطاقة؛ مثل: فنزويلا، وبيرو، والأرجنتين. وقد خلَّفت هذه «الدوَّامة الكبيرة» ـ التي تدعمها الصين ـ حالة من الدمار البيئي والصراع الاجتماعي في أمريكا اللاتينية. والآن، في ظل ما تشهده الصين من تباطؤ في معدل النمو الاقتصادي، وانخفاض حاد في أسعار السلع الأساسية، تبدو التوقعات الاقتصادية للدول المُصَدِّرة قاتمة. فعلى سبيل المثال.. أعلنت شركة «كوديلكو» Codelco ـ التي تعمل في مجال النحاس في شيلي ـ في عام 2015 عن تسريح جماعي للموظفين، إثر هبوط أسعار النحاس.

في كتابه «مثلث الصين» *The China Triangle* ـ وهو أحد أول الكتب التي تحدثت عن أمريكا اللاتينية في عصر ما بعد «الازدهار الصيني» ـ يضيف كيفين جالاجر الكثير إلى العدد الهائل من الكتب التي تناولت العلاقات بين الصين وأمريكا اللاتينية. ومن خلال تسليطه الضوء بمهارة على التحديات التنموية في أمريكا اللاتينية ـ مثل نقص العمالة ذات المهارة العالية ـ والسياق التاريخي لتلك التحديات، يُذَكِّرنا جالاجر بأن النمو الذي تقوده السلع الأساسية ليس ظاهرة جديدة تمامًا في المنطقة. فقد شهدت نهايات القرن التاسع عشر أول ازدهار اقتصادي، حين بدأت أوروبا والولايات المتحدة في استيراد المواد الخام بكمياتٍ هائلة. وأدَّى اعتماد أمريكا اللاتينية لسنوات طويلة على تصدير الموارد الطبيعية إلى نتائج سياسية شديدة التباين، بدايةً من التصنيع الذي تقوده الدولة، إلى أجندة «إجماع واشنطن»، وهي مجموعة من التوصيات الأمريكية، هدفت إلى تحقيق تنمية اقتصادية في المنطقة في تسعينات القرن الماضي، وبدايات الألفية الجديدة. وقد بُني كتاب مثلث الصين ـ إلى حد كبير ـ على فكرة أن المرحلة الأخيرة من مراحل التنمية الاقتصادية في أمريكا اللاتينية كانت بمثابة رفض لإجماع واشنطن، بقدر ما كانت احتفاءً بالوجود الصيني.

مثلث الصين: أثر ازدهار الصين على أمريكا اللاتينية، ومصير إجماع واشنطن
كيفين جالاجر
مطبعة جامعة أكسفورد، 2016

ويبين جالاجر أن العلاقة بين الجانبين لم تخلُ من المشكلات في جوانب كثيرة منها، كما يوثِّق الآثار السلبية الناجمة عن انتعاش التجارة والاستثمار، بفضل المؤسسات الصينية، وغيرها من المؤسسات التي تعمل على استخراج الموارد الطبيعية. فقد أدَّى نمو قطاع التعدين وحده إلى زيادة معدلات الترشيح الكيميائي، والتخلص من النفايات بأساليب غير مناسبة، وتصريف المياه الحمضية من المناجم. ففي بيرو، أفضى الترشيح الكيميائي إلى نفوق السَّمَك؛ والإضرار بالاقتصاد. ويُرجِع البعض ما شهدته الأرجنتين من تصحُّر للغابات، وفيضانات ذات صلة، إلى زيادة إنتاج الصويا؛ بغرض تصديرها إلى الصين.

ويشير جالاجار بحذرٍ إلى أن الشركات الصينية أظهرت قدرة على التكيُّف مع القوانين والأعراف السائدة في أمريكا اللاتينية. ففي بيرو، كان أداء الشركة الأمريكية «دو ران» Doe Run أسوأ كثيرًا، وذلك على عدة أصعدة، مقارنةً بمؤسسات التعدين الصينية، غير أن القسم الأكبر من التجارة (90% من الاستثمار الصيني في أمريكا اللاتينية، و80% من القروض التي تمنحها الصين لحكومات المنطقة) يُركِّز على قطاعات مرتبطة بالتدهور البيئي؛ لتخلِّف بذلك الصينُ في أمريكا اللاتينية آثارًا بيئية تفوق ـ في المتوسط ـ ما خلَّفه سائر الشركاء من آثار.

وما زال القلق يكتنف مشروعات السدود الكهرومائية التي تبنيها الصين في المنطقة، بما فيها سدّ «كوكا كودو سينكلير» Coca-Codo Sinclair، وهو أكبر مشروع لإنتاج الطاقة في الإكوادور. وعلى الرغم من أن هذا السدّ من المتوقع أن يعالج النقص الحاد في الطاقة، إلا أن كثيرين من سكان الإكوادور لديهم مخاوف حيال تحويل المياه بعيدًا عن شلالات سان رافاييل ـ وهي أحد المقاصد السياحية البارزة ـ وتوجيهها إلى مسار، يتم شَقُّه في منطقة الأمازون.

ولطالما كانت رئيسة الأرجنتين السابقة كريستينا فرنانديز دي كيرشنر تشيد بسَدَّي «نيستور كيرشنر» Néstor Kirchner، و«خورخي سيبرنك» Jorge Cepernic، وتروِّج لهما، باعتبارهما مشروعين ضخمين للطاقة في بلادها، لكنهما بعيدان عن شبكة توزيع الكهرباء، ويبعدان نحو 2,750 كيلومترًا عن العاصمة بوينس آيرس، حيث ترتفع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

احتياجات الطاقة. وقد صَنَّفتهما دراسةُ جدوى أجرتها وزارة الطاقة الأرجنتينية في عام 2006 على 30 مشروع سدّ، في المرتبة الثالثة والعشرين، والخامسة والعشرين، على التوالي.

وفي عام 2015، قامت شركة «إم إم جي» الصينية المحدودة ـ بدون أخذ مشورة المجتمع المحلي ـ بتعديل دراسة أجرتها عن الأثر البيئي لمشروع «لاس بامباس» لتعدين النحاس في محافظة كوتاباماس في بيرو. وعلى الرغم من أن هذا القرار جاء متوافقًا مع القانون البيروفي المعدَّل حديثًا، إلا أنه أثار حفيظة السكان المحليين، الذين خرجوا في مظاهرات، لقي على إثرها 4 أشخاص حتفهم؛ وأعلن الرئيس البيروفي أويانتا هومالا حالة الطوارئ في المحافظة لمدة 30 يومًا.

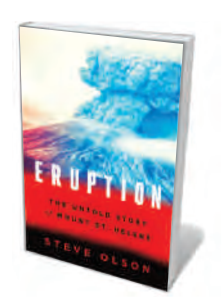
ويكشف جالاجر عن أن الصين ـ على الرغم مما تشهده من نمو متباطئ، وما تلاقيه من انتقادات صحفية ـ ستظل واحدة من أهم الشركاء الاقتصاديين في المنطقة. فقد شهد العام الماضي ارتفاعًا في التمويل الصيني لأمريكا اللاتينية، ومنطقة الكاريبي، وصل إلى مستوى لا يضاهيه مستوى عام 2010. وركَّز جزء كبير من هذا التمويل على قطاعات النفط، والغاز، والبِنْيَة التحتية للنقل. وعلى غرار ما فعله المستثمرون الأمريكيون في العقود التي امتدت من نهايات القرن الماضي إلى بدايات القرن الحالي، تسعى الصين إلى تطوير شبكات النقل؛ لحمل السلع الأساسية إلى الموانئ، مثلما هو الحال في خط السكك الحديدية الواصل بين بيرو والبرازيل، الذي تم اقتراحه إبان زيارة رئيس الوزراء الصيني لي كه تشيانج إلى المنطقة في سنة 2015.

إضافة إلى ذلك.. من المرجح أن تستفيد أمريكا اللاتينية من الوجود الصيني المستدام في المنطقة. وقد قدَّم كل من جالاجر وروبيرتو بورزينكانسكي في كتابهما «التنين في الغرفة» *The Dragon in the Room* (مطبعة جامعة ستانفورد، 2010) نصيحة لبلدان أمريكا اللاتينية باغتنام الرزق الوفير الذي سيأتي من الصين، وذلك بالاستثمار في تنويع الصادرات. وعلى الرغم من أنهم لم ينوِّعوا صادراتهم بعد، فإن جالاجر يشدِّد في كتابه «مثلث الصين» على أن الوقت لم يفُت بعد. كما يوصي بإبرام اتفاقات على نطاق أوسع بين البلدان والأسواق، وبوضع سياسات معينة؛ مِن شأنها تعزيز المساواة والحفاظ البيئي، إلا أن جالاجر يتوقع ـ في مرحلة ما بعد الازدهار الاقتصادي في أمريكا اللاتينية ـ ألّا يكون هناك متسع للمناورات على الصعيدين الاقتصادي والسياسي. ومن ثم، سيتوجَّب على المنطقة أن تحاول اجتذاب كل من الولايات المتحدة والصين، على حدٍّ سواء؛ لتضمن تحقيق نمو في المستقبل؛ وهو التحول الذي يلمح إليه في كتابه.

ومن الملاحظ أن قيمة المشارَكات المتنوعة، سواء مع الولايات المتحدة، أم مع الصين، أم مع غيرهما من الشركاء المختلفين، آخِذة في الاتضاح بجلاء في دول أمريكا اللاتينية. ويجب على المنطقة أن تتجنب الاعتماد على صادرات المواد الخام، وأن تحذر من مغبة الارتكان إلى القوى العظمى ذات الأموال الوفيرة. ■

مارجريت مايرز مديرة برنامج الصين وأمريكا اللاتينية، التابع لمركز الحوار بين الأمريكتين، وهو مركز أبحاث معنِيّ بشؤون نصف الكرة الغربي، ومقره واشنطن العاصمة.
البريد الإلكتروني: mmyers@thedialogue.org

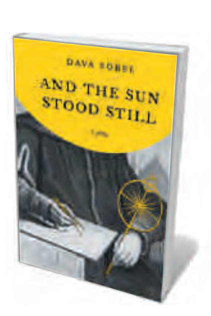
ملخصات كتب



الثَّوَرَان: القصة غير المروية عن جبل سانت هيلين

ستيف أولسون، دبليو دبليو نورتون (2016)

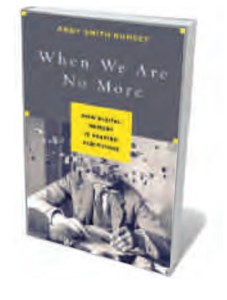
عندما ثار بركان جبل سانت هيلين في ولاية واشنطن في سنة 1980؛ أيقظ الأمة الأمريكية من سباتها السياسي والاقتصادي العميق. وقد أحدث الانفجار الهائل والحمم البركانية المتدفقة ـ التي أودت بحياة 57 شخصًا ـ أكبر انهيار أرضي سُجل على الإطلاق، وطال الرماد 11 ولاية أمريكية، ومقاطعات كندية عديدة. ينسج ستيف أولسون قصته من عدد من قصص الضحايا، ومن بينهم ديفيد جونستون، عالِم البراكين، الذي كان يراقب الانفجار، مذكِّرًا بإسهاماته في هذا العلم، ومنها إتاحة استخدام تقنية «الليدار» على نطاق واسع. ومع وجود احتمال لنشاط 1,500 بركان حول العالم، يدق هذا الكتاب ناقوس الخطر، وينبِّه إلى ضرورة فعل شيء حيال الأمر.



مسرحية: ورَاوَحَت الشمسُ مكانها

دافا سوبيل، بلومزبيري (2016)

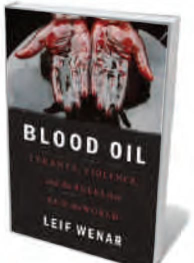
أهم ما يميز الكتاب التاريخي المشهود «سماء أكثر مثالية» *A more perfect Heaven*، الصادر عن دار نشر (بلومزبيري، 2011)، للكاتبة العلمية دافا سوبيل، أنه سرد درامي لحدث فارق، وهو المواجهة التي دارت في سنة 1539 بين عالِم الفلك البولندي نيكولاس كوبرنيكوس، وعالِم الرياضيات الألماني جيورج يواخيم ريتيكوس، حيث حاول الثاني إقناع الأول بنشر أطروحته العظيمة عن مركزية الشمس «*De Revolutionibus*». تعيد سوبيل كتابة المشهد ـ مسرحيًّا هذه المرة ـ مقدِّمةً رؤيةً تخيلية للكيفية التي أقنع بها ريتيكوس ذلك «العلَّامة النجمي» بنشر نظريته، كاشفةً ببراعة عن لحظة من اللحظات التي غيَّر فيها العِلْمُ العالَم، وأضاء العقل البشري، فكأن القارئ يشهدها من جديد، بكل ما فيها من ألق.



عندما نَفْنَى: كيف تشكِّل الذاكرة الرقمية مستقبَلنا

آبي سميث رامزي، بلومزبيري (2016)

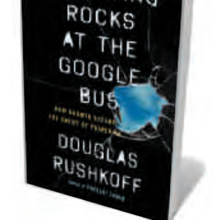
ينفتح بابٌ... ليكشف عن مشهد مخيف: مستقبَل التاريخ. هذا ما تنبِّهنا إليه المؤرخة آبي سميث رامزي في هذه الأطروحة، المتعمِّقة فيما يلي: كيف تساعد عملية تحويل الأرشيف التقني إلى «رقمي» في جَعْل إعادة كتابة ماضينا الثقافي أمرًا شديد السهولة؟ وتحلِّل رامزي رحلتنا نحو الذاكرة المسجلة رقميًّا، مازجةً بين علم الأعصاب، وتاريخ المحفوظات، ومتنقِّلة بين أدوات التذكير وإنعاش الذاكرة التقليدية، وما قد ينجم عن فَنَاء المكتبات من فقدان للذاكرة الجامعة. وترينا رامزي كيف أن الكتب هي «ذاكرة آلية»، تَعَوَّدنا التعامل معها، أمّا الذاكرة الرقمية الحديثة، فهي وحش مختلف، جملةً وتفصيلًا، قد يصعب ترويضه والتحكم فيه.




النفط الدموي: الطغاة، والعنف، والقواعد التي تحكم العالَم

ليف وينار، مطبعة جامعة أكسفورد (2016)

يُعَدّ النفط سلعة عالمية بالفعل. وبالنسبة إلى الدول المصدِّرة، مثل نيجيريا، قد تتحول هذه المواد الخام ذات الطلب العالي إلى «مصدر للَّعنات»، إذا ما ارتبطت بالفساد السياسي، وغياب المساواة الاجتماعية والاقتصادية (انظر: ;J. Vidal *Nature* **482**, 306 2012). وفي هذا الكتاب يوجِّه الفيلسوف ليف وينار ـ استنادًا إلى معرفته بالاقتصاد والعلوم السياسية ـ دعوة صريحة ومباشِرة إلى إعادة النظر في سلاسل الإمداد العالمية. إذ يرى أنه من الضروري إرساء سياسات تجارية نظيفة؛ لحماية الممتلكات العامة، ولضمان المساءلة، إذا أردنا أن تكون للشعوب الأكثر فقرًا في العالَم السيادةُ على مواردها، وأن يتوقف المستوردون الغربيون عن دعم الأنظمة الاستبدادية دعمًا أعمى.



رجم حافلات «جوجل» بالحجارة

دوجلاس راشكوف، بورتفوليو (2016)

يقدِّم الكاتب المتخصص في مجال التكنولوجيا، دوجلاس راشكوف، تحليلًا متميِّزًا للثقافة الرقمية في هذه الدراسة، التي تركز على الفساد الاقتصادي بصورة أساسية. ويشير إلى أن قضايا عديدة ـ مثل نمط نمو الشركات، و«المِنَصّات» الاحتكارية ـ تمثل تهديدًا للصالح العالَم. ويرى راشكوف أنه من الأفضل توجيه غضب المحتجين الذين هجموا على حافلات نقل الركاب التي كانت تُقِلّ موظفي شركة «جوجل» في سنة 2013 نحو «التوزيع الرقمي»؛ أي الاقتصاد القائم على التملّك الديمقراطي لوسائل الإنتاج، والمؤسسات التعاونية، والمشاركة الحقيقية. **باربرا كايسر**

مراسلات

فيروس زيكا: خصصوا أسماء موحدة

تعتمد الاستجابة السريعة من قِبَل هيئات الصحة العامة وبحوث الأمراض الفيروسية المعدية على التتبع والتحليل القابل للتكرار لمسبِّبات المرض المعزولة. ولذا.. فهناك حاجة مُلِحَّة إلى تخصيص مسمَّيات موحدة لتسلسلات سلالات فيروس زيكا. وهذا من شأنه ضمان أن تكون عملية تبادل البيانات وترجمتها خاليةً من الغموض والالتباس، في مسعى لاحتواء التفشي الحالي للفيروس في نصف الكرة الأرضية الغربي الاستوائي.

على سبيل المثال.. فأسماء سلالات فيروس «زيكا» المعزولة ـ المرتبطة بالوباء ـ يُشار إليها عامة بأحد الأسماء التالية: BeH818995، أو ZikaSPH2015، أو 15/BR/949. وتُعَدّ مثل هذه الأسماء غامضة ومتضاربة للغاية، بالنظر إلى السياقات التي تُستخدم فيها، بالرغم من أن بعضها قد يتضمن بيانات وصفية مفيدة حول السلالات المعزولة. ومن غير العملي أن يتم تضمين كافة البيانات الوصفية في اسم السلالة المعزولة، لكن بعض المعلومات المتسقة قد يفيد في تعريف سلالة بعينها.

لذلك.. نطالب المهتمين بفيروس «زيكا» ـ أسوةً بمجالات فيروسية أخرى ـ بتبنِّي مجموعة أسماء اصطلاحية موحدة؛ لتسمية السلالات المعزولة، بحيث تحدِّد نوع الفيروس (ZIKV)، ورمزًا مختصرًا للفصائل المضيفة، إضافة إلى الموقع الجغرافي للعزل، والتعريف التسلسلي، وسنة العزل. وبالتالي، فإن الاسم المفضَّل للسلالة المعزولة BeH818995 ـ على سبيل المثال ـ سيكون ZIKV/H.sapiens/ 2015/Brazil/BeH818995.

ريتشارد إتش. تشويرمان*
معهد جيه. كريج فينتر، لاهويا، كاليفورنيا، الولايات المتحدة.
rscheuermann@jcvi.org

* بالإنابة عن مجموعة عمل «معايير كتابة الجينوم الفيروسي». وللقائمة الكاملة، انظر: (go.nature.com/i5dewk).

المصطلحات الدقيقة مهمة

أنتم تصفون صغر رأس المولود على أنه «تشوه خلقي خطير»، وهو أمر يربك العامة، ويسبب حزنًا لا داعي له للعائلات التي لديها أطفال ذوو رؤوس صغيرة، بغض النظر عما إذا كانت مرتبطة بعدوى فيروس «زيكا»، أم لا (انظر: *Nature* 2016 ;5 ,**530**). وفي الواقع، فإن صغر حجم الرأس ليس بالضرورة مرتبطًا بالإعاقة الذهنية، كما يُفترض عادة.

يُعَدّ صغر حجم الرأس سمة لمئات الحالات المرضية، لكنه قد يظهر عند الأشخاص الطبيعيين (P. Merlob *et al*. *J. Med. Genet.* **25**, 750–753; 1988; S. Ashwal *et al*. *Neurology* **73**, 887–897; 2009).

ليست المسألة مسألة دلالات لفظية؛ فالبحوث حول العلاقة بين فيروس زيكا وبين عيوب الولادة ـ التي يبدو أنها ليست مدعومة بأدلة كافية حتى الآن ـ يلزم توسيعها؛ لتتضمن تقييمًا منهجيًّا لكافة الأسباب الممكنة لصغر الرأس في الأطفال الذين يُشتبه في إصابتهم بالفيروس (C. G. Victora *et al*. *Lancet* **387**, 621–624; 2016).

إدوين بي. كيرك مستشفى سيدني للأطفال، وجامعة نيو ساوث ويلز، ومختبرات سيلس، راندويك، أستراليا.
edwin.kirk@health.nsw.gov.au

الصين ترسم خطوطًا لمستقبل أخضر

بهدف حفظ السلامة الاستراتيجية للبيئة، وضعت الصين نظامًا من «الخطوط الحمراء»، وهو مصطلح يشير إلى الحد الأدنى لأنواع استخدامات الأراضي المتعددة على المستوى الوطني والإقليمي، دون تحديد مواقعها بدقة.

ويأتي هذا النظام بعد نظام آخر، كان قد وُضع لحماية الأراضي الزراعية وموائل الغابات. ومن شأن النظام الجديد أن يحمي التنوع الحيوي الكبير في الصين، والموارد البيئية، وخدمات النظام البيئي، وهو ما يترتب عليه تعزيز التحول في الاستراتيجية البيئية في البلاد، التي باتت تبتعد عن شبكات المناطق المحمية، واستعادة الموائل البيئية قصيرة المدى، والتوجه نحو الحفاظ طويل المدى على المساحات الطبيعية بأكملها.

ونرى أن تكون المساحة التي تم تحديدها بالخط الأحمر الأخير (انظر: go.nature.com/na6ry6 باللغة الصينية) ـ على الأقل ـ 496 مليون هكتار، إلى أن يتم الجمع بين المناطق التي غَطَّتها شبكة حفظ البيئة الموجودة حاليًّا في الصين، وثلاثة برامج متداخلة أخرى؛ للحفاظ على مستوى من المساحات الطبيعية الكاملة. وتم تخصيص برامج ـ مثل «مناطق الأولوية لحفظ التنوع»، و«مناطق عمل النظام البيئي المهمة»، ومناطق عمل النظام البيئي الأساسية» ـ للحماية من الفيضان، والتحكم في التآكل، وحفظ التنوع الحيوي، وتوفير خدمات النظام البيئي.

وينبغي أن تدعم مدفوعات الحكومة المباشرة هذه المبادرة؛ لتوفير خدمات نظام البيئي، وتعديل التخصيصات، وبالتحديد في المقاطعات الشرقية من الصين.

سانج وييجو مينزو، جامعة الصين، ومعهد النبات بالأكاديمية الصينية للعلوم، بكين، الصين.
جان سي. أكسماخر، جامعة كوليدج لندن، المملكة المتحدة.
j.axmacher@ucl.ac.uk

خَفْض عدد العاملين في مجال العلوم البيئية

تقوم وكالة التمويل الحكومية الأساسية في أستراليا «CSIRO» بالتخلص من المناصب الوظيفية في مجالات العلوم البيئية؛ حيث يواجه مئة عالم من قسم علوم المناخ وحده فَقْدًا وشيكًا لوظائفهم. ونتج عن الانطباع السائد بأنّ البحوث البيئية غير مربحة أنْ عانت تلك البحوث لمدة أربعة أعوام من تقليل النفقات الحكومية. ومن الواضح أن الوعود بتحقيق توفير كبير ـ نتيجة الإصلاحات البيئية القائمة على العلوم ـ لم تلق بعد صدى لدى صناع القرار.

كما ستنعكس الخسائر على بحوث الإدارة المستدامة للأنظمة البيئية والتنوع الحيوي البري والمائي في البلاد. وتعتزم جامعة جيمس كوك في كوينزلاند تخفيض 25% من طاقمها الأكاديمي في العلوم البيئية، كما تم حل منظمات بحثية فاعلة، مثل «منظمة أراضي ومياه أستراليا»، وكانت تخفيضات سابقة قد تُرجمت بالفعل في صورة إضعاف للتنظيم والإدارة البيئية.

إن أستراليا عرضة لتأثيرات التغير المناخي، بجانب نموها السكاني المتسارع، كما إنها تتصدر العالم في انقراض الثدييات البرية الحادث مؤخرًا، وبها مساحات شاسعة ذات حاجة مُلِحَّة إلى الإحياء، بعد عمليات مكثفة واسعة النطاق لإزالة الأراضي، والرعي الجائر، والتعدين. إنّ السياسات المضرة بالبيئة تدمر تراثها الطبيعي الثمين، إلى جانب تدمير قدرات البلد البحثية.

ديفيد ليندنماير، جامعة أستراليا الوطنية، كانبيرا، أستراليا.
david.lindenmayer@anu.edu.au

استعادة غير محدودة لحدود الصيد العرضي

نحن نرى أن قرارات الحكومة لزيادة المنافع الاجتماعية والاقتصادية لمصائد السمك ستكون غير فعالة، بدون إدخال تحسينات على ممارسات كتابة البيانات، وكذلك على اللوائح الخاصة بالصيد العرضي المستهدَف (انظر: J. Casey *et al*. *Nature* **530**, 160; 2016).

لنأخذ ـ على سبيل المثال ـ السمكة ذات السيف «*Xiphias gladius*»، وهي نوع مستهدَف في مصائد لونجلاين السمكية بالمحيط الأطلسي، وإجمالي الصيد المسموح منها سنويًّا قليل، طبقًا للوائح صارمة. أما الصيد العرضي غير المقنن، فيتكون بشكل أساسي من «ماكو» قصير الزعانف «*Isurus oxyrinchus*»، والقروش الزرقاء «*Prionace glauca*»، وهي من السمك ذي الزعانف، ولحوم هذا السمك ذات قيمة تجارية مرتفعة. ويشير وجه التشابه بين الجيف المقطعة للسمكة ذات السيف، وماكو ـ دون الرأس، والزعانف ـ إلى أن هناك احتمالات للصيد الجائر غير القانوني لهذا النوع الخاضع للوائح، الذي يمكن تسجيله باعتباره نوعًا غير خاضع للوائح.

إن ما يتم اصطياده من الماكو قصير الزعانف عادة ما يشمل نسبة 3 ـ 13% من القرش الأزرق الذي يتم اصطياده عرَضيًّا (J. D. Stevens *in Sharks of the Open Ocean Ch*. **7**, 90; Blackwell, 2008). ومع ذلك.. فإن الماكو الذي تم اصطياده في عام 2008 على متن الأسطول الأوروبي كان في المتوسط ستة أضعاف القرش الأزرق (unpublished data; available from D.W.S. and N.Q.)، وهذا يدل على أنه من المحتمل أن «الماكو» الإضافي ربما يكون نوعًا خاضعًا للوائح منظمة، مثل التي تخضع لها السمكة ذات السيف.

ربما يكون قد أثَّر حجم هذه المشكلة بالفعل على إمكانية استعادة الأرصدة السمكية. ومن الضروري فرض المزيد من الرقابة الصارمة على الأنواع المَصِيدة عرضيًّا من جانب السلطات التنظيمية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الوطنية؛ لتحديد مثل تلك المخالفات.

ديفيد سيمز، جمعية البيولوجيا البحرية، بليموث، المملكة المتحدة.
نونو كويروز، CIBIO/InBIO- جامعة بورتو، البرتغال.
dws@mba.ac.uk

حافظوا على استدامة الصيد المسموح به

إن تحديد حدّ إجمالي مسموح للصيد من الأرصدة السمكية الأوروبية فوق ذلك الذي ينصح به «المجلس الدولي لاستكشاف البحار» لا يعني بالضرورة صيدًا جائرا للأرصدة السمكية (انظر: *Nature* **528**, 435; 2015).

فوضع الأرصدة السمكية التي تم تقييمها هو في الواقع آخِذ في التحسن في بعض مناطق الاتحاد الأوروبي، التي تتم إدارتها بنظام إجمالي الصيد المسموح (شمال شرق الأطلسي، وبحر الشمال، وبحر البلطيق)، بالرغم من أن الصيد الجائر لا يزال موجودًا في البحر الأبيض المتوسط، وفي البحر الأسود (انظر: go.nature.com/ojr1ue). وهذه التوجهات تدل على أننا نعرف كيف نقِيم مصائد سمكية مستدامة.

إن الإرادة السياسية لتحقيق العوائد المستدامة ستحدد في النهاية الجدوى الاجتماعية والاقتصادية لقطاع الصيد. وبالرغم من أن العوامل الاجتماعية الاقتصادية قصيرة الأمد هي التي تحدد ـ في الغالب ـ سياسات المصائد في الاتحاد الأوروبي (انظر: J. Casey *et al*. *Nature* **530**, 160; 2016)، إلا أن هناك بدائل.. ففي الولايات المتحدة ـ على سبيل المثال ـ قد تُستخدم هذه العوامل لتقليل حصص الصيد فقط، وليس لزيادتها (قانون ماجنوسون-ستيفنز 2007).

جريفين كاربنتر، مؤسسة الاقتصاديات الجديدة، لندن، المملكة المتحدة.
سباستيان فيلاسانتي، جامعة سانتياجو دو كومبوستيلا، أكورونا، إسبانيا.
بيثان سي. أوليري، جامعة يورك، المملكة المتحدة.
griffin.carpenter@neweconomics.org

تأجيج نيران حدائق الغابات الأسترالية

يزيد التغيرُ المناخي من وتيرة حرائق الغابات الأسترالية، وكثافتها، وحجمها، على حساب باهظ يتحمله سكانها وكائناتها الحية الفريدة من نوعها. ومع ذلك.. فإن وكالة العلوم المموَّلة من الحكومة وهي «هيئة البحوث الأسترالية» CSIRO تخطط لتقليل عدد الوظائف في بحوث المناخ بما لا يقل عن 100 وظيفة. وتحتاج أستراليا ـ بشكل عاجل ـ إلى قيادة سياسية تتخذ إجراءات حول المناخ والاستثمار في علوم المناخ (انظر أيضًا: D. Lindenmayer *Nature* **531**, 305; 2016).

على سبيل المثال.. أجهزت النيران في العام الماضي على ما يُقدَّر بـ90% من الموائل التي يعيش فيها الجيلبرت بوتورو الجرابي (*Potorous gilbertii*) المهدَّد بالانقراض، وكذلك ببغاء الأرض الغربي (*Pezoporus flaviventris*؛ go.nature.com/ogriue). كما شملت المناطق المنكوبة ستة أنواع أخرى من النباتات والحيوانات المتوطنة المهدَّدة بالانقراض. وباتت أعدادها المتبقية ـ التي أصبحت صغيرة ومعزولة بالفعل ـ أكثر عرضة للخطر.

وفي فيكتوريا وحدها، احترق 4.3 مليون هكتار من غابات الكافور في الفترة ما بين 2003، و2014، وهو ما يماثل مجمل المنطقة التي دُمرت على مدار الأعوام الـ50 الماضية (T. A. Fairman et al. Int. J. Wildland Fire http://doi.org/bdkt; 2015). وإضافة إلى ذلك.. تتوقع النماذج الخاصة بجنوب شرق أستراليا زيادة بنسبة 5 إلى 25% في مخاطر الحرائق بحلول 2050، مقارنة بالفترة ما بين 1974، و2003 (انظر: go.nature.com/xmpj8z).

إن قرار أستراليا ـ الذي يفتقر إلى الحكمة ـ بتخفيض إمكانات علوم المناخ سوف يضعِف بشدة قدراتها على الاستجابة لهذا الخطر المتزايد.

تيم دوهيرتي، جامعة ديكين، فيكتوريا، أستراليا.
مارتين مارون، جامعة كوينزلاند، بريسبان، أستراليا.
tim.doherty.0@gmail.com

أحد معايير دراسات الحيوان له نتائج عكسية

أصبحت استمارات التقديم على دراسات الحيوان في الاتحاد الأوروبي أكثر ثقلًا منذ تبنِّي قانون حماية الحيوان في عام 2010. ولأن استمارات التقديم أصبح الاطلاع عليها الآن أكثر صعوبة، تفرض بعض الولايات الألمانية على الباحثين رسوم تشغيل. وهذا يبدو متعارضًا مع النهج الموحّد للقانون، لأن دول الاتحاد الأوروبي الأخرى لا تفرض رسومًا على باحثي الحيوانات.

وتتباين الرسوم طبقا لعبء المراجعة. فعلى سبيل المثال.. الاستمارة المكوَّنة من 30 صفحة ـ التي تتطلب حاليًّا ما بين 3 إلى 4 أشهر لمراجعتها ـ تُفرض عليها رسوم قدرها 1,000 يورو (1130 دولارًا أمريكيًّا)، أو أكثر، بغضّ النظر عن قبولها أو رفضها. وبالتالي، فإن العلماء الألمان يُعاقَبوا على امتثالهم للقانون، من خلال تقديم استمارات أكثر تفصيلًا، كجزء من «تحسين» بحوث الحيوانات، وهو أحد المعايير الثلاثة المعروفة بـ«3R» (انظر: www.nc3rs.org.uk/the-3rs).

إن هذه الرسوم ستدفع العلماء إلى إجراء بحوثهم في الخارج، أو الامتناع عن إجراء تجارب الحيوانات على الإطلاق. وهذه كارثة، فحُرِّيَّة البحث العلمي في ألمانيا تحظى بتقدير كبير تمامًا، مثل حماية الحيوان (البند 5، والبند 20 من القانون الأساسي).

ميشيل بوياني، **ألكساندرا بوهلر**، معهد ماكس بلانك للطب الحيوي الجزيئي، مونستر، ألمانيا.
mboiani@mpi-muenster.mpg.de

أَشْرِكوا المهندسين في برامج التربة

مِن المقرر أن تصدر لجنة المراجعة البيئية ـ التابعة لحكومة المملكة المتحدة ـ تقريرًا حول استقصائها عن صحة التربة بحلول الصيف. وحيث إن غالبية إرشادات التربة بالنسبة إلى المملكة المتحدة تأتي من الاتحاد الأوروبي والأمم المتحدة، فإن إمكانية خروج بريطانيا من الاتحاد الأوروبي تجعل حماية التربة في المملكة المتحدة قضية أكثر إلحاحًا.

قال الرئيس الأمريكي فرانكلين د. روزفلت في عام 1937 إن «الأمة التي تدمِّر تربتها تدمِّر نفسها» (انظر أيضًا: L. Montanarella *Nature* **528**, 32-33; 2015). ومنذ أنْ طال التصنيعُ القطاعَ الزراعي، أصبحنا نستخرج المواد العضوية من التربة أكثر مما نضع فيها. هذا.. إلى جانب تطوير الحضر والفيضانات، والإعادة الجزئية لتدوير المخلفات إلى التربة، وكلها تعني أن كربون التربة يتم استنزافه على الصعيد العالمي، وليس في المملكة المتحدة فقط.

وبإمكان المهندسين أن يقودوا جهود إعادة التوازن، كما فعلوا في إعادة تدوير المعادن الثمينة، مثل البلاتين المحفِّز (انظر، على سبيل المثال: C. Hagelüken *Platin*. *Met*. *Rev*. **56**, 29-35; 2012). كما بإمكانهم أن يعملوا على استقرار الكربون في المخلفات العضوية باستخدام معادن محددة، مثل أكاسيد المنجنيز (K. Johnson *et al*. *Nature Commun*. **6**, 7628; 2015)، وأن يقوموا بتطوير محسِّنات التربة؛ للحفاظ على خدمات النظام البيئي للتربة وتعزيزها. وبذلك.. سيتمكن المهندسون ـ المستبعدون حاليًّا بشكل كبير من إدارة استدامة التربة ـ من العمل مع البيئة، بدلًا من العمل فوقها وحسب.

كارين جونسون، جامعة دورهام، المملكة المتحدة.
karen.johnson@durham.ac.uk

مخطط شامل للطاقة الكهرومائية للصين

نقترح ثلاث طرق، تستطيع من خلالها الصين أن تقلل التكلفة البشرية والبيئية؛ لتطوير طاقتها الكهرومائية.

أولًا، عَدِّلوا القوانين التي تحكم تنمية السدود الجديدة في الصين. ويجب أن يتضمن ذلك شروطًا لمعالجة أثر المشروعات الفردية على أحواض الأنهار. إن قياس وفهم التأثير التسلسلي للسدود وتوقُّع اتجاهات النظام البيئي يمكن أن يساعد في اتخاذ القرارات المتعلقة بنشر السَّمَك وعمليات الحفاظ على أفضل مخزون، على سبيل المثال. ومن الضروري ترشيد رسوم الطاقة الكهرومائية، وتحديث معايير تعويض المهجَّرين. وينبغي أن تكون المدفوعات التحويلية بين الأقاليم للسلطات ـ التي تهدف إلى موازنة الخسائر الاجتماعية والبيئية للمناطق المتضررة في ظل المكاسب التي تحققت في مناطق أخرى ـ مرتبطة بالمنافع الاقتصادية لتنمية الطاقة الكهرومائية.

ثانيًا، أعطوا مزيدًا من الانتباه لإعادة التوطين. فالسكان المهجَّرون يمكن إعادة توطينهم في مناطق جبلية على طول خزانات الشلال، وهو ما يحسِّن البِنْيَة التحتية، ويحافظ على الموارد الطبيعية. وسيحتاج الناس إلى مساعدة الحكومة في تخطيط الأراضي والتعليم والتوظيف، وإنشاء شبكات اجتماعية جديدة، دون أي تقليل لمعارفهم الأصلية، أو رأسمالهم الاجتماعي، أو تقاليدهم.

ثالثًا، اعملوا على تحسين إدارة الأنهار الدولية. وينبغي على الصين وجيرانها الاشتراك في إدارة الأنهار والموارد المائية، والسعي متعاونين إلى إيجاد حلول لمشكلات إنتاج الطاقة الكهرومائية، والاستدامة البيئية، والتغير المناخي. وبإمكان الصين أن تشارك بما لديها من ثروة من الخبرات والتقنيات التي حصلت عليها من عديد من مشروعات الطاقة الكهرومائية السابقة.

وينزهي تانج* جامعة تسينجوا، بكين، الصين.
twz@mail.tsinghua.edu.cn

*بالإنابة عن 7 مراسلين (انظر: go.nature.com/h6xza4 للتعرف على القائمة كاملة).

أبحـــاث

أنبـاء وآراء

ANDY ROUSE/2020VISION/NATUREPL.COM

الشكل 1 | طائر نقشارة الغاب (*Phylloscopus sibilatrix*). بالرغم من أن هذا النوع من الطيور ـ الذي يعاني تناقصًا في أعداده ـ يتكاثر في مساحات واسعة ممتدة عبر أوروبا، إلا أنه يقضي موسم عدم التزاوج في منطقة صغيرة نسبيًّا في غرب ووسط أفريقيا. وقد وجد جيلروي وزملاؤه[2] أن نمط الهجرة محدود الانتشار يرتبط بانخفاض أعداد هذه الطيور.

هجرة الطيور

انخفـاض أعـداد الطيـور المهـاجِـرة

تتناقص أعداد الطيور المهاجرة عالميًّا. وقد أظهرت دراسةٌ أوروبية واسعة النطاق أن الطيور التي تنتشر بشكل واسع في مواسم عدم التزاوج هي أقل عرضةً لانخفاض أعدادها من تلك الأنواع محدودة الانتشار.

ريتشارد إيه. فولر

تحظى الطيور المهاجرة بفرصة القيام برحلات استثنائية أكثر من جميع الحيوانات الأخرى، لكن العديد منها أصبح يعاني من تناقص عددي كارثي[1]. ويصعِّب التنقل المتكرر لهذه الأنواع من عملية تشخيص أسباب التناقص، ولذا.. نجد أنفسنا في حاجة إلى دراسات بيئية دؤوبة؛ لتحديد الأسباب بدقة في كل حالة على حدة. وهنا يستعرض جيلوري وزملاؤه[2] ـ في دراسة نشرتها دورية "إيكولوجي ليترز" *Ecology Letters* ـ بيانات تفسر بشكل عام لماذا يكون بعض الطيور المهاجرة مهددًا بالنقصان عن غيره. وقد أظهر الباحثون ـ من خلال تحليل 340 نوعًا من الطيور المهاجرة ـ أن الأنواع التي تنتشر بشكل واسع في غير موسم التزاوج، مقارنةً بانتشارها المقترن بالتزاوج، لا تتعرض أعدادها للتناقص، مقارنةً بتلك التي تتبع نمطًا محددًا من الانتشار خارج موسم التزاوج.

المسافات التي تقطعها بعض الطيور المهاجرة مذهلةٌ، فطائر الغابة المغرد *Setophaga striata* هو أحد الطيور الذي يزن 12 جرامًا فقط، ويطير مسافة قدرها 2,500 كيلومتر بلا توقف فوق المحيط المفتوح، في هجرته التي يقطعها من غابات نصف الكرة الشمالي إلى شمال أمريكا الجنوبية3، بينما يطير طائر البقويقة مخطط الذَّيل *Limosa lapponica* مسافة 12,000 كيلومتر بلا توقف فوق المحيط الأطلنطي من ألاسكا، حتى نيوزيلندا[4]، وتغطي طيور الخرشنة الفردوسية القطبية *Sterna paradisaea* مسافة تُقَدَّر بثلاثة أضعاف مسافة الذهاب والإياب من الأرض إلى القمر أثناء فترة حياتها[5].

وتعتمد هذه الرحلات المدهشة على توافر أماكن الوصول المناسبة، فطائر الكروان نحيل المنقار *Numenius tenuirostris* ـ الذي قارب على الانقراض الآن ـ هاجر من أماكن تكاثره في سيبيريا إلى مناطق صغيرة في شمال أوروبا وجنوب أفريقيا، بعد أن تناقصت أماكن استقراره الشتوي الملائمة تناقصًا سريعًا خلال تحوُّل الأراضي البرية الرطبة إلى أراضٍ مزروعة[6]. ومن المحتمَل أن يمثل هذا الطائر أول حالة انقراض لطائر أوروبي منذ اختفاء[6] طائر الأوك العظيم *Pinguinus impennis* في منتصف القرن التاسع عشر.

وهناك أكثر من 1,200 نوع من الطيور المهاجرة في العالم، وكثير منها قد يتضاءل عدده، إلى أن يندر أو ينقرض، قبل أن نعرف السبب. وخلافًا لهذا الشك العلمي، فلا بد من المسارعة الفورية في إجراءات الحفاظ على تلك الطيور[7]، التي أعاق تخطيطها عدم التوصل إلى الأسباب العامة لانخفاض أعداد الطيور الهائل.

يشمل تحليل قاعدة بيانات مجموع الطيور على مستوى أوروبا 340 نوعًا من الطيور. وقد اختبر جيلوري وزملاؤه افتراضات عديدة حول سبب انخفاض أعداد حوالي 36% من أنواع الطيور الأوروبية المهاجرة، ليتبينوا أن النطاقات غير المخصصة للتكاثر لحوالي 40% من الأنواع محل الدراسة أكبر من النطاقات المخصصة التكاثر، وهو ما أطلق عليه الباحثون "هجرة واسعة الانتشار" high migratory dispersion. وقد وجد الباحثون أن هذه الأنواع أقل عرضة لانخفاض أعدادها، لدى أخذ العوامل الأخرى في الحسبان، مثل تأثير مسافة الهجرة، واستخدام الموائل، ونطاق البيئة المناخية. فعلى سبيل المثال.. يتكاثر طائر نقشارة الغاب *Phylloscopus sibilatrix* (الشكل رقم 1) في أجزاء واسعة من أوروبا، من بريطانيا حتى أوكرانيا، لكنه يعيش في موسم عدم التزاوج في منطقة صغيرة نسبيًّا، تقع بين غرب ووسط أفريقيا، ويتناقص هذا النوع بمعدل سريع. وعلى النقيض من ذلك.. يعيش الطائر المغرد *Acrocephalus*

scirpaceus في توزيع مماثل لطائر نقشارة الغاب، لكنه ينتشر في موسم عدم التزاوج في كل أنحاء منطقة جنوب الصحراء الكبرى لأفريقيا، ولذا.. نجد أن أعداده مستقرة، أو في تزايد. ويُعَدّ هذا الاختلاف في استراتيجية الهجرة مؤشرًا ممتازًا من حيث قدرته على التنبؤ بمدى التناقص في أعداد الطيور، ويتسق مع المخاوف المتزايدة بشأن تأثير عوامل التصحر، وفقدان الموائل، وتدهور أماكن المعيشة الشتوية للطيور المهاجرة الأوروبية على بداية موجة جديدة من التناقص في أعداد الطيور[7].

بعض الطيور لا يُظْهِر هذا السلوك من الهجرة الكلية ذهابًا وإيابًا من الموطن الأصلي، كما تفعل الطيور المغردة التي تقطع رحلتها كاملة نحو أفريقيا، لكنها تُوجَد بدلًا من ذلك طيلة العام في بعض المناطق داخل نطاق الأماكن المخصصة لتكاثرها. وقد كشف جيلوري وزملاؤه أن هذه الطيور التي تقوم بالهجرة الجزئية أقل عرضة للتناقص بشكل ملحوظ من تلك الطيور التي تقوم بالهجرة الكلية، مما يشير إلى ميزة واضحة لهذه الاستراتيجية.

كما رصدت الدراسة واسعة النطاق التي قدَّمها جيلوري وزملاؤه بعض العوامل الأخرى المؤثرة على مجموع أعداد الطيور المهاجرة. وقد وجدوا أن التناقص في الأعداد واضح في الطيور ذات المواطن المعينة (التي تسكن بعض أنواع المزارع)، والأنواع ذات الأجسام الصغيرة، وتلك الطيور التي لم تغير تاريخ وصولها الموسمي في أوروبا بين عام 1960 و2006 لبدء عملية التكاثر، استجابة للقدوم المبكر لفصل الربيع. وقد ينتج هذا التأثير الأخير عن أنواع الطيور المتأقلمة مع المناخ[8]، على الرغم من احتمال أن تُوجَد أنواع الطيور التي لا تتناقص أعدادها لأسباب أخرى في عشائر ذات تنوع كبير في مواعيد الوصول، بحيث يعمل الانتقاء الطبيعي لصالحها.

وهناك حاجة إلى دراسة أنواع تصنيفية أخرى، ومناطق جغرافية مختلفة؛ للقيام بتعميم هذه النتائج، لكن حاليًّا تُعتبر نتائج هذا البحث خطوة كبيرة إلى الأمام في طريق توقُّع الاحتياج إلى القيام بإجراء للحفاظ على أنواع الطيور المهاجرة في العالم، من خلال الاعتماد على خرائط توزيع أماكنها الموسمية. وتقوم وسائل التكنولوجيا الحديثة المستخدَمة مثل الشبكة المكونة من 300 برج من أبراج القياس الآلى عن بُعْد في جميع أنحاء أمريكا الشمالية، كجزء من مشروع[9] "موتّس" Motus بتغيير معرفتنا بمسارات هجرة الطيور، والتحليل الدقيق للتهديدات المتوقعة خلال الدورة الموسمية للأنواع المهاجرة[10]، مما يفتح لنا سبلًا للتخطيط لإجراءات فعّالة للحفاظ على هذه الطيور.

ومع هذا.. فإن المزيد من البيانات ليس كافيًا وحده لإنقاذ الأنواع المهاجرة. وقد شرعت المبادرات والاتفاقيات الطموحة الدولية منها والإقليمية للحفاظ على البيئة ـ مثل اتفاقية المحافظة على الأنواع المهاجرة من الحيوانات البرية، وخطة العمل الأفريقية الأوروبية الآسيوية للطيور الأرضية المُهاجرة، والمشارَكة الأسترالية الشرق آسيوية لحماية مسار الطيور ـ في جَنْي ثمار التعاون المشترك في الحفاظ على البيئة، وذلك بسبب الاعتماد الشديد لكثير من الطيور المهاجرة على مناطق صغيرة في نقطة محددة خلال دورة هجرتها، مما يجعل الإجراءات الذكية الموجَّهة فعالة في زيادة الأنواع التي تعاني انخفاضًا في أعدادها. ■

ريتشارد فولر يعمل في قسم الأحياء، جامعة كوينزلاند، بريسبان، أستراليا.
البريد الإلكتروني: r.fuller@uq.edu.au

1. Wilcove, D. S. & Wikelski, M. *PLoS Biol.* **6,** e188 (2008).
2. Gilroy J. J., Gill, J. A., Butchart, S. H. M., Jones, V. R. & Franco, A. M. A. *Ecol. Lett.* **19,** 308–317 (2016).
3. DeLuca, W. V. *et al. Biol. Lett.* **11,** 20141045 (2015).
4. Gill, R. E. *et al. Proc. R. Soc. B* **276,** 447–457 (2009).
5. Egevang, C. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **107,** 2078–2081 (2010).
6. Clare, H. *Orison for a Curlew* (Little Toller, 2015).
7. Kirby, J. S. *et al. Bird Conserv. Int.* **18,** S49–S73 (2008).
8. Møller, A. P., Rubolini, D. & Lehikoinen, E. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **105,** 16195–16200 (2008).
9. http://motus-wts.org
10. Rushing, C. S., Ryder, T. B. & Marra, P. P. *Proc. R. Soc. B* **283,** 20152846 (2016).

بيولوجيا النبات

مستقبِلات متعددة تبحث عن جزيئات LURE

في النباتات الزهرية، يتم توجيه أنبوبة اللقاح التي تحتوي على الخلايا الذكرية نحو البويضات بواسطة عوامل جذب يفرزها العضو التناسلي المؤنث؛ والآن، عُثر على مستقبلات لجزيئات AtLURE1 الجاذبة.

أليس واي. تشانج، وهين مينج ووه

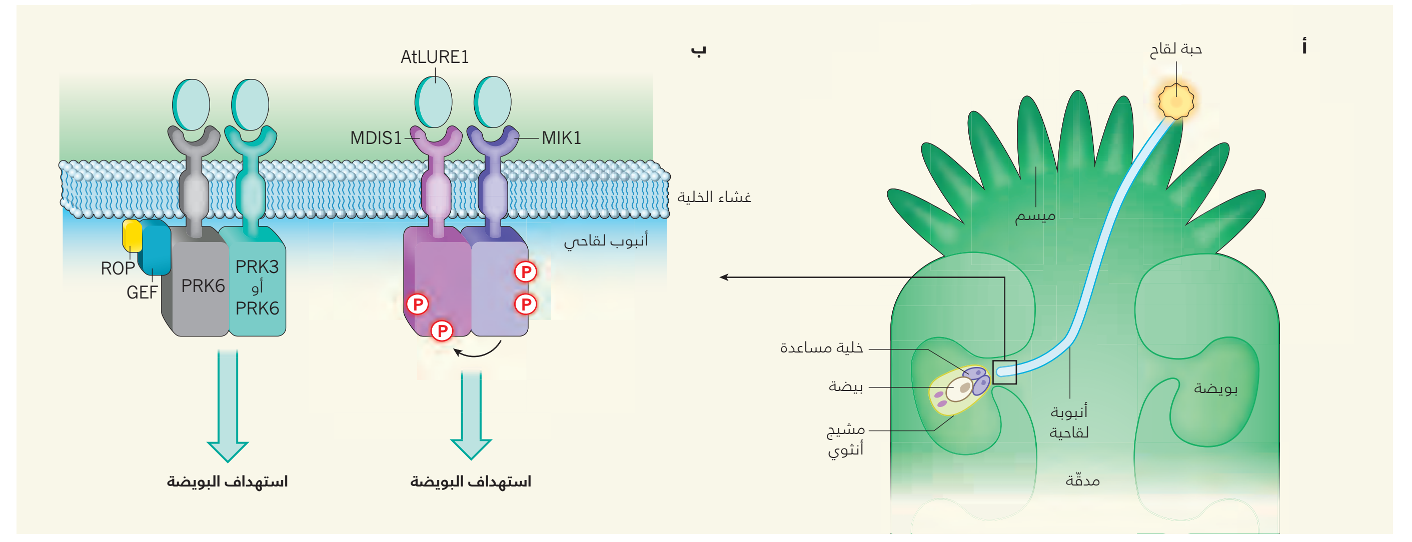
لإتمام عملية الإخصاب في النباتات المزهرة، يجب على حبوب اللقاح أن تقوم بنقل الخلايا الذكرية عبر مسافات طويلة. تستقر الحبوب التي تحوي تلك الخلايا على ميسم العضو التناسلي المؤنث (المدقَّة)، بينما تقع أجزاء المشيج الأنثوي التي تحوي الخلايا الأنثوية (البيض) في بويضات بعيدة؛ ولذا.. تنتج كل حبة لقاح أنبوبة لقاحية تنمو في اتجاه البويضات[1] (الشكل-1 أ). وقد تسببت الكيفية التي تعثر من خلالها الأنابيب اللقاحية على هدفها في تحيُّر علماء الأحياء لفترة طويلة. فمن المعروف أن الأمشاج الأنثوية تنتج جزيئات كيميائية جاذبة، مثل الببتيدات الغنية بالحمض الأميني "سيستين"، التي تُسمى LUREs[2,1]؛ إلا أن هوية مستقبلات تلك الجزيئات ـ الموجودة على الأنابيب اللقاحية ـ لم تكن واضحة. لذا.. قام بحثان نُشِرَا في شهر مارس[4,3] بالتعرف على عدة جزيئات على غشاء الخلية، تشترك في استشعار إحدى هذه المواد الجاذبة ـ وهي AtLURE1 ـ في النموذج النباتي *Arabidopsis thaliana*[5]. وتُبرز هذه الاكتشافات التعقيد الجزيئي لعملية التواصل بين الخلايا الذكرية والخلايا الأنثوية، كما تضع أساسًا لفهم الآلية التي تَستشعِر من خلالها الأنابيب اللقاحية الجزيئات الجاذبة.

وكما هو ثابت ومعروف، يمكن لبروتينات الكينيز الشبيهة بالمستقبِلات (RLK)، والخاصة بحبوب اللقاح، أن تنظم عملية نمو الأنابيب اللقاحية[6]. وعادةً ما يكون لهذه البروتينات ثلاثة نطاقات: نطاق خارجي يتفاعل مع جزيئات الإشارة خارج الخلايا، ونطاق آخر ممتد عبر الغشاء، ونطاق أخير سيتوبلازمي، يربط مجموعات الفوسفات بالجزيئات المستهدَفة، محفّزًا الاستجابات الخلوية للإشارات الواردة (الشكل-1 ب). وباستخدام استراتيجيات وراثية مختلفة، وبدءًا من قائمة متداخلة لحوالي 30 بروتينًا من نوع RLK تنتجها حبوب اللقاح، بدأ الفريقان في البحث عن البروتينات التي تدعم استهداف البويضة بواسطة الأنابيب اللقاحية.

يشير وانج وزملاؤه[3] في بحثهما إلى زوجين من بروتينات RLK المرتبطَين ارتباطًا وثيقًا؛ أُطلق على بروتينَي الزوج الأول "ميل ديسكوفيرير"– 1 و2 (male discoverer) MDIS1 وMDIS2 – وعلى بروتينَي الزوج الثاني "RLK متفاعل مع MDIS1" - 1 و2 MIK1 وMIK2. وقد أدَّت طفرات الجينات المشفرة لكل من تلك البروتينات الأربعة إلى تعطيل عملية استهداف البويضة، كما أظهر التحليل الجيني أن MDIS1 وMIK1 يعملان من خلال المسار نفسه. قام الباحثون بعد ذلك بفحص المواد الجاذبة في نظام شبيه بالجسم الحي، حيث يُسمح للأنابيب اللقاحية أولًا أن تنمو خلال المدقَّة، التي تجهزها لتستجيب للمواد الجاذبة[5,2] عند وضعها في ظروف نمو خارج الجسم الحي. وأكَّد الفحص الذي أُجري أن الطفرات التي تحدث في جينات MDIS1 وMIK1 وMIK2 تُضْعِف قدرة الأنابيب اللقاحية على استهداف AtLURE1، على الرغم من أن كل طفرة منها تسبَّبت على حدة في إعاقة متوسطة فقط لعملية الاستهداف تلك.

ومن خلال استخدام أساليب فحص مشابهة، قام تاكيوتشي وهيجاشياما[4] بالتعرف على مجموعة أخرى من مستقبِلات RLK الخاصة بـAtLURE1؛ أحدها هو مستقبِل من نوع كينيز، مختص بحبوب اللقاح 6 (PRK6)، الذي كان ضروريًّا لإتمام عملية استهداف الأنابيب اللقاحية لـ AtLURE1 أثناء عملية الفحص التي تتم داخل النظام الشبيه بالجسم الحي. في المدقَّة، أظهرت الأنابيب اللقاحية ذات جين PRK6 الطافر قصورًا بسيطًا في النمو وفي عملية استهداف البويضة. وعندما قام الباحثون بالجمع بين طفرات جين PRK6، وطفرات الجينات ذات الصلة ـ PRK1 وPRK3 وPRK8 ـ أظهرت الأنابيب اللقاحية قصورًا أكثر حدة في عملية التوجيه.. فعلى سبيل المثال.. فشلت الأنابيب في الدخول إلى البويضات.

إن المواد الجاذبة التي تم تحديدها حتى الآن تشير إلى وجود تخصصية اتجاه الأنواع[2,1]. فقد أظهر وانج وزملاؤه، وتاكيوتشي وهيجاشياما أنهم يستطيعون تعزيز قدرة الأنابيب اللقاحية الخاصة بأحد النباتات ذات الصلة بنبات *Arabidopsis* ـ وهو نبات *Capsella rubella* ـ على استهداف AtLURE1 الخاص بنبات *A. thaliana*، عن طريق تعديل الأنابيب؛ كي تعبِّر عن بروتين MDIS1، أو بروتين PRK6، بالتتابع. وتدعم هذه التجارب ـ بشكل



الشكل 1 | حبوب اللقاح ورحلتها الطويلة. أ، في النباتات المزهرة، تهبط حبوب اللقاح التي تحتوي على الخلية الذكرية على ميسم العضو التناسلي المؤنث المستقبِل (المدقة)، ثم تقوم بتشكيل أنابيب لقاحية تنمو في اتجاه المشيج الأنثوي الذي يحمل البيض، ويقع في البويضات. تُطلِق أزواج الخلايا المساعدة في المشيج الأنثوي جزيئات مثل AtLURE1؛ لجذب الأنابيب. وعندما تخترق الأنبوبة اللقاحية إحدى تلك الخلايا المساعِدة، فهي تتمزق، وتطلق اثنين من الخلايا الذكرية؛ من أجل حدوث عملية الإخصاب. **ب**، حدَّد وانج وزملاؤه3 وتاكيوتشي وهيجاشياما[4] بروتينات الكينيز الشبيهة بالمستقبِلات (RLK) على الأنابيب اللقاحية التي تشارك في عملية استهداف البويضة. وأظهر وانج وزملاؤه أن AtLURE1 يرتبط ببروتينات RLK من نوع MIK1 و MDIS1، معززًا عملية الديمرة، ومحفزًا لبروتين MIK1؛ ليضيف مجموعات الفوسفات (P) إلى نفسه وإلى بروتين MDIS1. أما تاكيوتشي وهيجاشياما، فقد أظهرا أن بروتين PRK6 (المنتمي إلى بروتينات RLK) يتفاعل مع نفسه ومع PRK3، وأيضًا مع عوامل تبادل الجوانين (GEFs) التي تنشط بروتينات Rho GTPase الخاصة بالنباتات (وتُسمى اختصارًا: ROPs)، مما أدى إلى استهداف البويضة.

متزايد ـ دور بروتينات RLK تلك في استشعار المواد الجاذبة. كما تشير النتائج المجمعة من هذه المجموعات البحثية إلى أن نظام التعرف على AtLURE1 يشمل بروتينات RLK متعددة، بوظائف مكررة، حيث تعمل مع بعضها البعض لتدعم عملية استهداف البويضة من قبل الأنابيب اللقاحية ولتضمن نجاح عملية التكاثر.

قدم وانج وزملاؤه بيانات كيميائية حيوية وفيزيائية حيوية لإثبات وجود تفاعل فيزيائي ووظيفي بين زوجي بروتينات RLK الخاصين بهم، ولإظهار أن AtLURE1 يؤثر على تفاعل بروتينات RLK ويرتبط مباشرةً ببروتينات MDIS1 وMIK1 وMIK2، بمعدلات مختلفة من الألفة. وقد أدت الصعوبات التقنية التي ظهرت بسبب غياب التخصصية في عملية الارتباط إلى منع تاكيوتشي وهيجاشياما من الإعلان عن تجارب تفاعل مماثلة بين AtLURE1 وبروتين PRK، على الرغم من أن وانج وزملاءه كانوا قد أثبتوا أن AtLURE1 لم يرتبط بشكل ملحوظ ببروتين PRK3؛ وذلك في اختبار قاموا به لإثبات تخصصية AtLURE1 لبروتينات RLK الخاصة بهم. وقد تكون هذه الاختلافات نتاج تنوعات بين المجموعتين في طرق إعداد البروتين وجودته، أو ظروف عملية فحص كلٍّ منهما؛ ومن الضروري تدارك تلك الاختلافات.

وباستخدام فحوص تعتمد على خلايا الأوراق، بحثت الدراستان بعد ذلك في الآليات التي تتوسط عملية التأثير بـAtLURE1 (الشكل 1-ب). أظهر تاكيوتشي وهيجاشياما أن بروتين PRK3 وبروتين PRK6 يتفاعلان مع عوامل تبادل الجوانين، التي تنشط بروتينات Rho GTPase، ما يؤكد على وجود الارتباط المعروف بين بروتينات PRK ووسطاء الإشارة أولئك[6]. ولا يزال هناك ضرورة لإيضاح كيفية تأثير AtLURE1 على هذه التفاعلات. فقد وجد وانج وزملاؤه أن AtLURE1 يحفز ارتباط MDIS1 وMIK1، كما يشجع عملية فسفرة بروتينَي RLK المعنيين بواسطة بروتين MIK1؛ ما يعني أن تغيرات حالة الفسفرة للكينيز تمثل أساس قدرتها على تحويل الإشارة الجاذبة إلى استجابة توجيهية. ومن المفترَض أن تؤكد التجارب المستقبلية على وجود هذه التفاعلات في الأنابيب اللقاحية، وأن تختبر ما إذا كانت هذه المسارات تتداخل ضمن التسلسل المُحفَّز نفسه من قبل AtLURE1، أم لا.

وأخيرًا، أظهرت المجموعتان أن موقع بروتينات RLK الخاصة بهما قد تم تغييرها بواسطة AtLURE1، للتأكيد على أن مستقبِلات AtLURE1 حقيقية وغير مزيفة. وقد ذكر وانج وزملاؤه أن AtLURE1 قد حفّز عملية إزالة بروتين MDIS1 من غشاء الخلية، ما يعني حدوث استجابة من جانب المستقبِلات لعملية الارتباط. أما تاكيوتشي وهيجاشياما، فقد أثبتا أن AtLURE1 غيَّر من توزيع بروتين PRK6 حول قمة الأنابيب اللقاحية، بحيث يتركز البروتين على أسطح الأنابيب الأقرب إلى المادة الجاذبة، مما يربط بين تموضع المستقبِل والتغيير الحادث في اتجاه النمو.

إن بروتينات RLK لها أدوار مهمة وأساسية في تطور النبات وتكاثره، واستجابته للتحديات البيئية؛ إذ تثبت هذه الدراسات الآن بشكل مقنِع أن تلك البروتينات تشارك في عملية استشعار المواد الجاذبة من قِبَل الأنابيب اللقاحية. كما أنها تدعم فكرة أن التكرار الوظيفي بين المستقبِلات ـ وبين المواد الجاذبة، كما اقتُرِح من قبل[5,2] ـ في الغالب تحدده الجينات لضمان نجاح عملية التكاثر.

ومع ذلك.. يثير هذا التكرار سؤالًا محيرًا حول الكيفية التي يميز بها AtLURE1 بين الأهداف المحتملة؛ للاستفادة من المستقبلات المكررة. ويبدو أن AtLURE1 قد تطوَّر ليتفاعل مع مجموعة من بروتينات RLK، حتى تلك التي لها وظائف متخصصة أخرى. على سبيل المثال.. وجد وانج وزملاؤه أن AtLURE1 يرتبط ببروتين PXY، وهو أحد أقارب بروتين MIK1، ويتحكم في تمايز الأوعية[7] بمعدل ألفة مماثل لذلك الخاص ببروتين MIK1. ومع ذلك.. فإن أحد مواد الجذب المرتبط ارتباطًا وثيقًا بـ3، AtLURE1 8 لا يبدو أنه يتفاعل مع بروتين ERECTA (أحد بروتينات RLK)، الذي يتحكم في بِنْيَة النبات، وشكل الخلايا الموجودة على سطح الورقة. ومن الواضح أن هناك حاجة إلى تحديد الكيفية التي تقوم من خلالها الببتيدات الجاذبة الغنية بالسيستين ـ مثل ببتيدات LURE ـ بتحديد المستقبِلات القادرة على توسط عملية استهداف البويضة. وسيكون من المثير للاهتمام أيضًا دراسة إمكانية الانتقال الوظيفي بواسطة أزواج أخرى من بروتينات RLK ومنظِّمات عملية النمو، بما في ذلك PXY وERECTA، وما يتفاعل معهما، إذا تم التعبير عنها في مناطق قريبة من تلك التي يحدث فيها الاتصال بين الأجزاء الذكرية، وتلك الأنثوية.

إن ترسانة جزيئات الإشارة في النباتات هائلة، خاصة جزيئات الببتيد منها[9]، وبروتينات RLK[5,4]، فلن يكون من الغريب اكتشاف أزواج إضافية من المواد الجاذبة ومستقبِلاتها. وبجانب معرفتنا بالجزيئات الأخرى المنظِّمة لعملية النمو، التي تتفاعل مع الأنابيب اللقاحية قبل أن تواجه عوامل جذب البويضة[10]، تقرِّبنا الدراسات الحالية من فَهْم إحدى العمليات الحيوية المهمة في مسألة التكاثر في النباتات بشكل كامل. ■

أليس واي. تشانج، و**هين مينج ووه** يعملان بقسم الكيمياء الحيوية والأحياء الجزيئية، جامعة ماساتشوستس، أمهرست، ماساتشوستس 01003، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: acheung@biochem.umass.edu
hmwu@biochem.umass.edu

1. Dresselhaus, T. & Franklin-Tong. N. *Mol. Plant* **6,** 1018–1036 (2013).
2. Higashiyama, T. & Takeuchi, H. *Annu. Rev. Plant Biol.* **66,** 393–413 (2015).
3. Wang, T. *et al. Nature* **531,** 241–244 (2016).
4. Takeuchi, H. & Higashiyama, T. *Nature* **531,** 245–248 (2016).
5. Takeuchi, H. & Higashiyama, T. *PLoS Biol.* **10,** e1001449 (2012).
6. Cheung, A. Y. & Wu, H.-M. *Annu. Rev. Plant Biol.* **59,** 547–572 (2008).
7. Fisher, K. & Turner, S. *Curr. Biol.* **17,** 1061–1066 (2007).
8. Lee, J. S. *et al. Nature* **522,** 439–443 (2015).
9. Qu, L.-J., Li, L., Lan, Z. & Dresselhaus, T. *J. Exp. Bot.* **66,** 5139–5150 (2015).
10. Wu, H.-M., Wang, H. & Cheung, A. Y. *Cell* **82,** 395–403 (1995).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

منتدى النِّقَاش أحياء خلوية

تَناقُض الكالسيوم في الأهداب

كان مِن المعتقَد أن عضيات الأهداب الأوَّلِية ـ التي تبرز من الخلايا ـ تشعر بالبيئة المحيطة بها عن طريق بروتينات قنوات الكالسيوم، التي تستجيب لتأثير تدفق السوائل، وهو ما تحدته دراسة حديثة. ويناقش عالِمان تأثيرات دراستهما بالنسبة إلى البيولوجيا التطورية، ومرض الكلى.

البحث بإيجاز

- الهُدب الأوَّلي هو زائدة تشبه الشعرة، ويُنظَر إليه كهوائي إرسال الإشارات الخلوية.
- يضم الهدب بروتينات قناة الكالسيوم، التي كان يُعتقد أنها تفتح عند انحناء الهدب بفعل قوة تدفق السائل، مما يسمح لأيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) بالدخول إلى الخلايا (الشكل 1 أ).
- يذكر ديلنج وزملاؤه[1] أنهم تمكَّنوا من هندسة فئران للتعبير عن بروتين مُسْتَشْعِر يتألق تجاوبًا مع اندفاق أيونات الكالسيوم إلى داخل الهدب الأوَّلي، ثم قاموا بقياس إشارات الأيونات، بعد تطبيق قوة ميكانيكية.
- لم يعثر الباحثون على دليل يؤيد فرضية انطلاق أيونات الكالسيوم المدفوعة بالقوة (الشكل 1ب)، ولذلك.. استنتجوا أن هذه البِنَى لا تشارك في الاستشعار الميكانيكي المعتمِد على الكالسيوم.

تأثيرات عدم التناظر

دومينيك نوريس

على الرغم من أن الأجسام البشرية تُظْهِر تناظرًا خارجيًّا، يغيب هذا التناظر عن الأعضاء الداخلية، فالقلب والمعدة ـ على سبيل المثال ـ مكانهما في الجانب الأيسر من الجسم. يبدأ تشكُّل عدم التناظر هذا في الوقت الذي يتألف فيه الجنين من قرص مسطح من الخلايا، حيث تتشكل به حفرة صغيرة تُسمى العقدة. وفي كل خلية عقدية ثمة هدب أوّلي يدور في اتجاه عقارب الساعة، موجِّهًا السائل خارج الخلية من اليمين إلى اليسار؛ لتأسيس عدم التناظر[2]. وقد دَعَّمت البيانات المجمعة[3-5] الفكرة القائلة إن الأهداب الموجودة إلى يسار العقدة تشعر وتتجاوب مباشرة مع تدفق السوائل، عن طريق بروتينات قناة الكالسيوم في الجين *PKD2*، التي تُفتح لإنتاج إشارات كالسيوم هدبية منحازة إلى اليسار. وقد يكون للدليل الذي ساقه ديلنج وزملاؤه بأن الأمر لا يسير بهذه الصورة تأثير عميق على فهمنا للتنميط الأيسر- الأيمن.

يعود النِّقاش حول طريقة إدراك الخلايا في الجنين للتدفق إلى قرابة 20 عامًا، وقد طُوِّرت منذ ذلك الوقت عدة نماذج تفسيرية[6]. يفترض أحدها أن جزيئًا مؤشِّرًا مفرزًا يُطلق عليه اسم "محدِث التخلّق" يزيد تركيزه على الجانب الأيسر من العقدة تجاوبًا مع التدفق. ويجادل آخَر بأن الحويصلات المحتوية على محدِثات التخلّق تتجه نحو اليسار، مفرغة حمولتها في جانب واحد. ويشير ثالث ـ نموذج الاستشعار الميكانيكي ـ إلى أن القوة المتجهة نحو اليسار في حدّ ذاتها تدركها أهداب خلايا التاج المحيطة بالعقدة. وعلى الرغم من عدم إثبات أو نفي أي نموذج، مع مرور الوقت، إلا أن فرضية الاستشعار الميكانيكي استدعت معظم الاهتمام.

ولقد أتاح مستشعِر الكالسيوم الهدبي النوعي الذي هندسه الباحثون على اختبار هذه الفرضية مباشرة. وقد كان التحقق من المستشعر تحديًا، ولكن ـ لحُسْن الحظ ـ وجد الباحثون أن التعبير عنه لم يقتصر فقط على الأهداب الأولية، بل أيضًا في البِنَى شبه الهدبية، الموجودة في الخلايا الشعرية في الأذن الداخلية، التي من المعروف أنها تستجيب للقوة عن طريق الاستشعار الميكانيكي المعتمِد على أيونات الكالسيوم[7]. طبق ديلنج وزملاؤه تدفقًا للسائل على الخلايا الشعرية، ووجدوا أن المستشعِر أشار بشكل موثوق إلى إشارات أيونات الكالسيوم، تجاوبًا مع المستويات الفسيولوجية للقوة.

بعد ذلك، عزل الباحثون أجنة الفئران في الأعمار التي يبدأ فيها تأسيس عدم التناظر الأيسر-الأيمن، وطبَّقوا تدفق السائل إما إلى الجانب الأيسر أو الأيمن من العقدة لمدة تصل إلى 10 ثوانٍ. وقد فشل هذا الإجراء باستمرار في الحصول على استجابة الأهداب لأيونات الكالسيوم الهدبي، وفشل المؤلفون بالمثل في تحرِّي إشارات أيونات الكالسيوم في أهداب خلايا العظام.

يسعى ديلنج وزملاؤه لتفسير كيف تتعارض دراستهم مع الكثير من الأعمال السابقة، فهم ـ أولًا ـ يرون أن الدراسات السابقة قد أساءت تفسير الرسوم التصويرية التي ظهرت عندما أدَّى التدفق إلى إخراج الهدب من ساحة التركيز، مسبِّبًا تغيرات في التألق. ثانيًا، إنهم يجادلون بأن سرعة التصوير أمر أساسي، لأن الهدب قد يمتلئ بسرعة بأيونات الكالسيوم الذي يتدفق من جسم الخلية، ويمكن الالتباس بكونه قد نشأ في الهدب.

ويبدو أن هذه النتائج تتقص من الآلية التي يفترض أن الاستشعار الميكانيكي يعمل بموجبها أثناء تأسيس عدم التناظر الأيسر-الأيمن، لكن الباحثين حريصون على القول إنهم اختبروا فقط ما إذا كان الهدب الأساسي العقدي يشكل مستشعِرًا ميكانيكيًّا يستجيب لأيونات الكالسيوم، وليس ما إذا كان الكشف عن القوة يلعب أي دور في عدم التناظر. ويمكن للاستشعار الميكانيكي مثلًا أن يحدث من خلال جسم الخلية، أو من خلال الأهداب بطريقة مستقلة عن الكالسيوم. كما تبقى الآليات المعتمدة على محدثات التخلّق ممكنة أيضًا. ومهما كانت الآلية، فهي مطالَبة بتفسير سبب ضرورة جين *PKD2* لأهداب خلايا التاج لتحرِّي التدفق، وهي حقيقة لم تحظ بتفسير حتى الآن.

وكما هو الحال مع كل النتائج غير المتوقعة، فمن المرجح اختبار النتائج السابقة من قِبَل مختبرات أخرى. ويطرح المؤلفون علنًا بعض العوامل التي تحدد شكل بياناتهم، ولكن الأهم من ذلك هو إدراك أن نمذجة الجنين بين اليسار واليمين تحدث على مدى ساعات، لا مدى ثوان، وفي جسم الأم، لا في طبق "بتري". لذا.. على الأرجح سيكون هناك تساؤل عن المدى الذي نجحت فيه هذه الدراسة في محاكاة الأنظمة الحيوية.

دومينيك نوريس في وحدة وراثة الثدييات، إم آر سي هارويل، حرم هارويل الجامعي OX11 0RD، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: d.norris@har.mrc.ac.uk

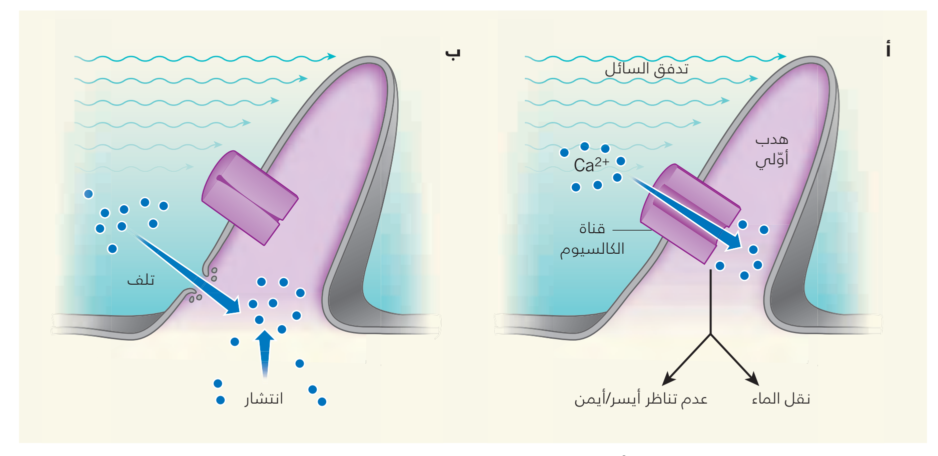
تقويم الإشارات

بيتر جاكسون

يرجع تاريخ الفرضية[8] القائلة إن القوى المتولدة عن تدفق البول تحرّض الاستشعار الميكانيكي الهدبي في الكُلْيَة إلى عام 2001، وقد أشار إلى أن الخلل في هذه العملية يسبب مرض الكُلْيَة متعددة الكيسات لدى البالغين. وقد سمح عمل تقني بارع لديلنج وزملائه بمساءلة هذا النموذج القديم. وتكمن قوة حجتهم في استخدامهم للمسجلات المرسِلة لإشارات أيونات الكالسيوم المطوَّرة مؤخرًا (الموصوفة أعلاه)، وقدرتهم السريعة على تصوير إشارات أيونات الكالسيوم أثناء مراقبة الحركة الهدبية.

وقد شهدت السنوات القليلة الماضية نهضة علمية في دراسة الأهداب الأولية، وذلك بفضل الدراسات الجينية[9] في نماذج الكائنات. ويأتي مصدر آخر غني بالمعلومات من العديد من الطفرات الجينية البشرية التي تسبب خللًا وظيفيًّا هدبيًّا؛ مما سمح للباحثين بتحديد المكونات البنيوية والحركية للأهداب، والآليات الهدبية المرسلة للإشارات[10].

وهناك عدد من التحليلات التي تدعم نموذج مشاركة الأهداب في إرسال إشارات أيونات الكالسيوم المتخصصة. أولًا، يشير عمل[11] المجموعة البحثية التي أجرت الدراسة الحالية إلى أن إشارات أيونات الكالسيوم في الأهداب الأولية تعادل بقوتها تدفق أيونات الكالسيوم في باقي أنواع الخلايا. ثانيًا، تحتوي الأهداب على العديد من البروتينات المقيدة إلى أيونات الكالسيوم، بما في ذلك إنزيم أدينيليت الحلقي الثلاثي، الموجود في الأهداب فقط، وهو مهم من الناحية التنظيمية للخلية (ومن ضمنها الحدّ من النموّ الكيسي في الكُلَى)، ويعتمد على أيونات الكالسيوم. ثالثًا، يمكن أن ينجم مرض الطفولة الكيسي الكلوي ـ الذي يُعرف باسم "سُحاف الكُلْيَة" nephronophthisis ـ عن طفرات في الجينات المشفِّرة البروتينات الهدبية المعتمدة على الكالسيوم؛ وبالمثل، رُبط[10] مرض الكلى متعدد الكيسات لدى البالغين بطفرات في الجين *PKD1*، وفي الجين الذي يرمِّز شريكه الرابط، قناة الكالسيوم في الجين *PKD2*. وعلى أي حال، تشير



الشكل 1 | فرضية الاستشعار الميكانيكي. أ. اقترحت أبحاث كثيرة أن الأهداب الأولية في الخلايا تستجيب للقوة، عن طريق الاستشعار الميكانيكي. في هذا النموذج الأصلي، يدفع تدفق السوائل الهدب، مما يتسبب في فتح بروتينات القناة الحساسة للكالسيوم؛ مُتيحًا دخول أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) إلى الهدب. تتفعل شلالات الإشارات بين الخلوية، نتيجة لتدفق أيونات الكالسيوم؛ مما يؤدي إلى تغير التعبير الجيني على الجانب الأيسر من الجنين، أو تعزيز نقل المياه في الكُلَى. **ب**، وجد دلينج وزملاؤه[1]، خلافًا لهذه الفرضية، أن الانحناء الهدبي استجابةً للقوة لا يفتح قنوات الكالسيوم. ويرى الباحثون ـ بدلًا من ذلك ـ أن تدفق إشارات أيونات الكالسيوم الملاحَظ في التجارب السابقة ربما حدث نتيجة لانتشاره من جسم الخلية، أو للأضرار التي تلحق بالأهداب، استجابةً لمعدلات القوة المفرطة.

دراسة أخرى[12] للمجموعة البحثية الحالية إلى أن إشارات أيونات الكالسيوم القوية التي لوحظت في الأهداب لا تتطلب *PKD1*، أو *PKD2*، بل تتطلب البروتينات ذات الصلة *PKD1L1*، و*PKD2L1*، مما يؤكد حقيقة أننا لا نفهم اتساع إشارات أيونات الكالسيوم الهدبية، ولا المسارات القاعدية التي تعمل فيها بروتينات القناة، مثل *PKD2*.

وتشكّل خلايا القناة الجامعة الدانية أنبيبات الكُلْيَة، المشارِكة في الحدّ من التبول، نقل المياه المحفّز بالهرمونات. ويُعتقد أن الخلل الوظيفي لأهداب هذه الخلايا يشارك في تورُّم الأنابيب الجامعة والكيسات، المحدث بنقل المياه في أمراض الكلى الكيسية. وقد فحص ديلنج وزملاؤه أهداب الأنبوب الجامع باستخدام نموذج غرفة تدفق؛ لتقريب معدلات تدفق البول، والتسبب في درجات متفاوتة من الانحناء الهدبي، ولكنهم لم يلحظوا أي تأثير على إشارات أيونات الكالسيوم. وفي بعض الأحيان، صدرت إشارات أيونات الكالسيوم، بسبب تلف الأهداب، وهذا من شأنه تفسير التناقض بين هذه البيانات والأعمال الأقدم. وبالفعل، من دون مستشعِرات حديثة، وواسمات مراقبة، فإن قياس الإشارات الهدبية يصبح مستحيلًا.

ولكي يكون نموذج الاستشعار الميكانيكي المرتبط بأيونات الكالسيوم له معنى من الناحية الفيسيولوجية، فيجب أن يصل موضع وتوقيت تدفق أيونات الكالسيوم بين الإشارة الملحوظة والتأثير الفيسيولوجي، فمثلًا، يجب أن تكون ملاحظات تدفق السوائل، والانحناء الهدبي، وتدفق أيونات الكالسيوم ونقل المياه في الأنبوب الجامع مرتبطة زمنيًّا ومكانيًّا. ولا يجد ديلنج وزملاؤه دليلًا على التغييرات الميكانيكية، ولا على إشارات أيونات الكالسيوم المناسبة في هذا الإطار، ويشكّكون بالتالي في هذا النموذج. وعلى الرغم من صعوبة رفض فرضية الإشارات رفضًا قاطعًا، فإن نوعية عمل المؤلفين رَفَعَت سقف أي دراسة مستقبلية تدعم فرضية الاستشعار الميكانيكي الهدبي.

ويتعين على الباحثين الآن إيجاد تفسير آخر لكيفية عمل أهداب الأنبوب الجامع. ويتمثل أحد البدائل الجذابة في افتراض أن تدفق البول يوفر تدفقًا للجزيئات، وربما لنواتج الأيض أو السموم، التي تطلِق إشارات عن طريق بروتينات مستقبِلات هدبية أخرى للتحكم في احتباس الماء، أو لتوجيه طرح السموم. وتبدو المستقبِلات المقترنة بالبروتين G فئة جذابة بشكل خاص للمستقبِلات المحتملة، ولكن القنوات مثل *PKD2* و*PKD2L1* مرشحة هي أيضًا، لأن القليل فقط معروف عن جزيئات الربط المحتملة التي تنشطها. ويظل الناتج التنظيمي الرئيس للإشارات الهدبية في الأنابيب الجامعة ـ المعتمدة على الكالسيوم، أو خلاف ذلك ـ وعلاقة إشارات الكالسيوم بالفيسيولوجيا والأمراض الكيسية، بحاجة إلى التحديد. ومن الممكن للمزيد من الأبحاث حول طبيعة الأهداف أن تساعد على إيجاد تفسير أوسع لكيفية تنظيم الكلى لتوازن الماء، دون الاحتفاظ بنواتج الأيض السامة. ■

بيتر جاكسون يعمل في قسم الأحياء المجهرية والمناعة والأمراض، وفي مختبر باكستر، كلية الطب في جامعة ستانفورد، ستانفورد، كاليفورنيا 94305، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: pjackson@stanford.edu

1. Delling, M. *et al. Nature* **531,** 656–660 (2016).
2. Nonaka, S., Shiratori, H., Saijoh, Y. & Hamada, H. *Nature* **418,** 96–99 (2002).
3. McGrath, J., Somlo, S., Makova, S., Tian, X. & Brueckner, M. *Cell* **114,** 61–73 (2003).
4. Yoshiba, S. *et al. Science* **338,** 226–231 (2012).
5. Yuan, S., Zhao, L., Brueckner, M. & Sun, Z. *Curr. Biol.* **25,** 556–567 (2015).
6. Norris, D. P. *BMC Biol* **10,** 102 (2012).
7. Schwander, M., Kachar, B. & Müller, U. *J. Cell Biol.* **190,** 9–20 (2010).
8. Praetorius, H. A. & Spring, K. R. *J. Membr. Biol.* **184,** 71–79 (2001).
9. Goetz, S. C. & Anderson, K. V. *Nature Rev. Genet.* **11,** 331–344 (2010).
10. Hildebrandt, F., Benzing, T. & Katsanis, N. *N. Engl. J. Med.* **364,** 1533–1543 (2011).
11. Delling, M., DeCaen, P. G., Doerner, J. F., Febvay, S. & Clapham, D. E. *Nature* **504,** 311–314 (2013).
12. DeCaen, P. G., Delling, M., Vien, T. N. & Clapham, D. E. *Nature* **504,** 315–318 (2013).

فيزياء تطبيقية

رقاقات إلكترونية تقيس الجاذبية

تمتلك أجهزة قياس الجاذبية العديد من التطبيقات، التي تتراوح من التنقيب عن النفط إلى الكشف عن الأنفاق تحت الأرض، ولكن حجمها وتعذُّر نقلها من مكان إلى آخر قلَّصَا استخداماتها. والآن، يقدم جهاز ـ في حجم طابع بريد ـ بديلًا يمكنه التغلب على هذه العقبات.

هيزل رايمر

عندما سقطت التفاحة على رأس إسحاق نيوتن، أو كما هو معروف بالقصة الشهيرة؛ أدرك نيوتن أن قوة ما كانت تسحبها إلى أسفل نحو الأرض. هكذا، وُضع قانون نيوتن للجاذبية الكونية، الذي لا يزال يوفر تقريبًا أوليًّا ممتازًا لوصف الجاذبية، لكن قياس التسارع الناتج عن الجاذبية أثبت أنه يمثل تحديًا، وعادة ما يتم التغلب عليه من خلال قياسه باستخدام أجهزة مكلفة جدًّا ومزعجة. لذلك.. ستكون القدرة على قياس الجاذبية باستخدام رقاقة إلكترونية ـ كما يصف ميدلميس وزملاؤه[1] ـ إنجازًا كبيرًا.

تعود أولى محاولات تصميم أجهزة قياس الزلازل إلى العالِم الموسوعي تشانج هينج[2] في عام 132م. وكان الجهاز يتألف من بندول داخل جرة، بحيث إذا ما تأثر بالزلازل، أرسل كرة موجهة من فم تنين منحوت إلى فم ضفدع في اتجاه تقريبي لمركز الزلزال (الشكل 1). ومنذ ذلك الحين، صغرت أحجام أجهزة الزلازل، وتحولت إلى أجهزة رقمية، كما تحولت إلى تطبيقات مجانية يمكن تحميلها على الهواتف الذكية، واستخدامها في قياس الذبذبات، بما فيها حركة الزلازل.

وتَصدر الإشارات الزلزالية عبر مجموعة من الترددات. ولقد تم تطوير أجهزة قياس زلازل "واسعة النطاق"، التي يمكنها عادةً أن تكشف تلك الاهتزازات الموجودة في نطاق 0.01 – 50 هيرتز، بينما قياس الاهتزازات الطويلة للأرض هو مجال أجهزة قياس الجاذبية، بدلًا من أجهزة قياس الزلازل. ويمكن لأجهزة قياس الزلازل قياس التغير في g (عجلة الجاذبية الأرضية) بتغير قيمتها خلال الزمن في الموقع نفسه، بسبب الحركة النسبية للشمس والقمر، حيث يُسمى هذا الاختلاف مَدّ الأرض وجَزْره، وهو تذبذب سطح الأرض في تلك الفترات المهيمنة يوميًّا وشهريًّا.



الشكل 1 | بداية علم قياس الجاذبية. تم تصميم هذا الجهاز بواسطة تشانج هينج في عام 132م، حيث يستجيب للزلازل عن طريق إسقاط كرة من فم التنين إلى فم الضفدع في اتجاه تقريبي لمركز الزلزال. اقترح ميدلميس وزملاؤه[1] نسخة حديثة من هذا الجهاز القديم لقياس الزلازل، وهو بمثابة رقاقة سيليكون، يمكنها أن تقيس الاهتزازات الزلزالية ذات التردد المنخفض جدًّا، كتغيرات في معدل الجاذبية.

SSPL/GETTY

تطورت أجهزة قياس الجاذبية في أربعينات القرن الماضي، بعد أن أضاف كل من الفيزيائيَّيْن لوسيان لاكوست، وأرنولد رومبرج تعديلات على مقياسهما زنبرك الطول الصفري[3]، وهو بمثابة جهاز لقياس الزلازل، يمكنه الكشف عن إشارات ذات فترات طويلة جدًّا. ولقد هيمنت الأجهزة التي طَوَّرتها شركتهما وآخرون على التنقيب الجيوفيزيائي لعقود من الزمن، حيث إنها قادرة ليس على قياس المَدّ والجَزْر الأرضي فحسب، بل وعلى إنتاج خرائط الجاذبية أيضًا.

وتُستخدم حاليًّا أجهزة قياس الجاذبية في السفن والطائرات، وعلى الأرض، وفي قاع البحر، وحتى في الآبار الاستكشافية؛ لإنتاج خرائط للقيمة النسبية، أو التدرج الرأسي للجاذبية، حيث يمكن استخدام تفسير هذه الخرائط للتشوهات الكبيرة الموجودة تحت سطح الأرض في تطبيقات معينة، مثل التنقيب عن النفط. وعندما يتم قياس تغيرات الجاذبية خلال فترة ما من الزمن، يمكن أن تمتد التطبيقات حتى تشمل الكشف عن التجاويف تحت الهياكل، مثل خطوط السكك الحديدية، وكذا رصد المواد المنصهرة، وحركة السوائل تحت البراكين النشطة.

ولقد استخدمت أجهزة قياس الجاذبية المحمولة المهيّئة للاستخدام الميداني لأكثر من 50 عامًا، ولكن حتى أصغرها كان يزن عدة كيلوجرامات، وهو في حجم بطارية سيارة صغيرة. وعلى الرغم من تطور خصائص الانجراف في هذه الأجهزة (حيث يمكن لاسترخاء الزنبرك أن يؤدي إلى انجراف واضح في قيمة الجاذبية) وقابليتها للاستخدام بشكل كبير بمرور الزمن، لم تتغير آلية التشغيل الأساسية: كتلة على زنبرك تتحرك في استجابة للجاذبية، وسلسلة من العتلات تسمح للمُشَغِّل بتحديد فرق الجاذبية بين نقطة الاهتمام، والوضع المرجعي.

ويمكن لعدادات الجاذبية النسبية تحديد فَرْق الجاذبية بين النقط حتى 1 ميكروجال microgal، أو 10^{-8} م/ث^2 (ومن ثم يمكن رصدها مع مرور الزمن)، أي ما يعادل الاختلافات في المنزلة العشرية الثامنة لقيمة عجلة الجاذبية الأرضية. وتوفِّر أجهزة قياس الجاذبية المطلقة قيمة (g) بالدِّقَّة نفسها، ولكنها تحتاج وقتًا أطول للإعداد، ولذلك فهي أكثر ملاءمة للمختبر منها للاستخدام الميداني. كما أن أنواعًا أخرى من الأجهزة ـ مثل جهاز سقوط الكتلة وبندول قياس الجاذبية المطلقة، وجهاز قياس الجاذبية الكمي ـ متاحة أيضًا تجاريًّا.

كل من هذه المعدات مرهقة وصعبة الاستخدام إلى حد ما، وتكمن المشكلة الأساسية في حجمها وسعرها، فإذا أمكن خفض أيٍّ من هذه العوامل، أو كلها؛ فسينعكس ذلك حتمًا على زيادة تطبيقات قياس الجاذبية، كما حدث مع انخفاض حجم وسعر أجهزة قياس المغناطيسية مع أجهزة كشف المعادن، الذي أسفر عن سهولة عمليات تمشيط الشط. ولكننا ما زلنا بعيدين جدًّا عن الحصول على تطبيق للهواتف الذكية، يمكنه قياس الجاذبية بدِقَّة يمكن استخدامها في التنقيب، ولكن جهاز ميدلميس وزملائه هو خطوة مهمة نحو تحقيق هذا الهدف.

يَستخدم ميدلميس وزملاؤه المحمول على شريحة التقنية نفسها (نظم ميكانيكيّة كهربائية مكروية، أو MEMS)، وهي التقنية شائعة الانتشار حاليًّا في مقاييس التسارع الموجودة في وحدات تحكم ألعاب الفيديو، والهواتف الذكية. وتمثل درجة الاستقرار والحساسية التي توصلوا إليها إنجازًا حقيقيًّا، فهي أكثر حساسية 1,000 مرة من الأجهزة المستخدمة في أجهزة الاستشعار "اليومية"، كتلك الموجودة في الوسائد الهوائية في السيارات، ووحدات تحكُّم ألعاب الفيديو، وأكثر استقرارًا من أجهزة MEMS التي سبق تطويرها بحساسية مماثلة، وهو ما أثبته الباحثون، عن طريق استخدامها لقياس مَدّ وجَزْر الأرض.

في الوقت الحاضر، يحتاج جهاز ميدلميس وزملائه لقياس الجاذبية إعِدادًا بعناية في ظروف المختبر؛ لقياس مَدّ وجَزْر الأرض. وبعد مزيد من التطوير، سوف يكون أداة محمولة، يمكنها إجراء القياسات ميدانيًّا، وستتمتع بحساسية بما يكفي للكشف عن التغيرات الصغيرة في قيمة (g) اللازمة لأغراض المسح والرصد. فعلى سطح الأرض، يمكن لمثل هذه الأداة أن تراقب تغيُّر قيم (g) ـ على سبيل المثال ـ في حالة تغيُّر الكتلة تحت سطح الأرض، المرتبطة باستنزاف السَّحْب من الاحتياطي. ويمكن أيضًا أن تُستخدم لدراسة منسوب المياه الجوفية، ومستويات المواد المنصهرة داخل البراكين، أو احتياطيات النفط والغاز، إذا ما استُخدمت في قاع البحر.

ويمكن للأجهزة المحمولة جوًّا ـ التي من شأنها أن تكون صغيرة بما يكفي لتَحْمِلها طائرات بدون طيار ـ مسح مناطق واسعة؛ بحثًا عن حالات الجاذبية الشاذة المرتبطة بالتكوينات الجيولوجية، أو كشف ملامح تكوينات مطمورة من صنع الإنسان تحت سطح الأرض. وبمجرد أن تصبح هذه الأدوات متاحة تجاريًّا؛ فلن يحدّ التطبيقات إلا خيالُ المستخدِم. ■

هيزل رايمر يعمل في قسم علوم الأرض والبيئة والنظم البيئية، الجامعة المفتوحة، ميلتون كينز MK7 6AA، المملكة المتحدة.
البريد الإلكتروني: hazel.rymer@open.ac.uk

1. Middlemiss, R. P. *et al. Nature* **531,** 614–617 (2016).
2. Hsiao, K.-H. & Yan, H.-S. *J. Adv. Mech. Des. Syst.* **3,** 179–190 (2009).
3. LaCoste, L. *Leading Edge* **7,** 20–21 (1988).

الموصلات الفائقة

دفعة أُسِّيَّة للمعلومات الكَمِّيَّة

ذات يوم، ستكتسح الحواسب الكمية نظيراتها التقليدية. إنّ ذلك يُعَد إنجازًا كَمِّيًّا، اقترنا خطوة من تحقيقه، بعد الكشف معمليًّا عن خاصية أساسية للموصِّلات الفائقة الاستثنائية.

جيسون أليسيا

تبشِّر الحواسب الكمية بثورة تقنية، ستتغلب بسهولة على المشكلات غير القابلة للاختراق بالطرق الأخرى، الخاصة بالتشفير، وبالمحاكاة الكمية، وبتصميم الأدوية، وغيرها. ورغم ذلك.. فإن تصنيع المكونات الحاسوبية المادية كان بمثابة تحدٍّ، بسبب أن الضجيج العشوائي الذي لا يمكن تجنُّبه في البيئة المحيطة يدمر البِتّات الكَمِّيَّة بسهولة (أو الكيوبت). وفي بحث نَشَرَه ألبرخت وزملاؤه[1]، طرح الباحثون استراتيجية ذكية للتغلب على هذه العقبة، إذ اكتشفوا خاصية أساسية لأنماط "ماجورانا" في الأسلاك فائقة التوصيل، يمكن استخدامها لهندسة البِتّات الكمية المضادة للضجيج.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ويمكن فهم المبدأ الأساسي الذي تقوم عليه أنماط الماجورانا، إذا ما تخيلنا صفًّا من أطفال المدارس، يقفون فيه جنبًا إلى جنب، وأيديهم متشابكة، بحيث تظل يد واحدة حرة في طرفي السلسلة (الشكل 1-أ). تتشابك الإلكترونات الموجودة في أسلاك معينة استثنائية فائقة التوصيل بشكل مماثل[2]، وهي التي يبرع الفيزيائيون في صنعها الآن. يرتبط نصف كل إلكترون مع جاره من اليمين، ويرتبط النصف الآخر مع جاره من اليسار؛ وتمثِّل أنماط الماجورانا "الأيدي الحرة"، أو أنصاف الإلكترونات غير المتشابكة في أطراف الموصِّل الفائق. ولتقريب الصورة، يمكن أن نقول إنه قد تم قطع الإلكترون إلى قِسمين، ثم يتم تفريق الأقسام الناتجة على مدى السلك.

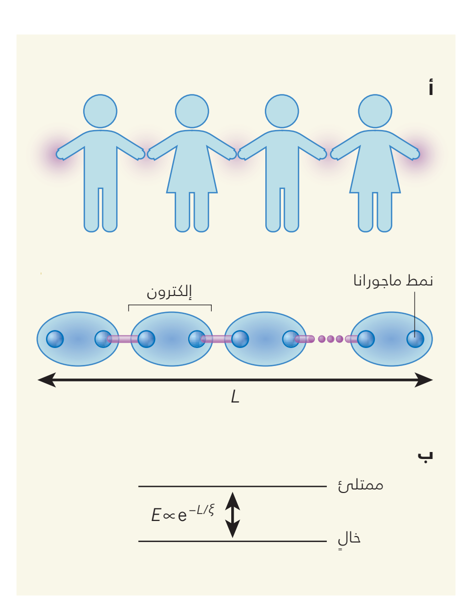
يشكل نَمَطَا ماجورانا معًا مستوى كميًّا واحدًا، يمكن أن يكون خاليًا، أو يشغله إلكترون (الشكل 1-ب). وتتنبأ النظرية[2] بأن الطاقة اللازمة لملء تلك الحالة تنخفض أُسِّيًّا كلما زادت المسافة بين أنماط الماجورانا. وعند الحد الأقصى، حيث تتلاشى الطاقة تمامًا؛ يصبح من المستحيل الكشف عما يشغل هذا المستوى، من خلال إجراء قياس محلي عند طرفي السلك، أو في أي مكان آخر. فكل نمط من أنماط الماجورانا بمفرده لا يحمل طاقة، ولا أي خاصية أخرى محلية قابلة للرصد يمكن أن تساعد في الكشف عن الحالة الكمية المعنية، التي تتشكل بينه وبين شريكه البعيد. وبدلًا من ذلك.. تنتشر تلك المعلومات على نطاق واسع في النظام، وهي مخبأة بإحكام من مصادر الضجيج، التي عادةً ما تسبِّب مشكلة.

إن الدوائر متعددة الأسلاك، الأكثر إثارة للاهتمام، تمكِّن المستخدِم من معالجة المعلومات الكمية بطرق دقيقة بشكل رائع، ومنيعة ـ إلى حد كبير ـ ضد الضجيج، عن طريق مناورة أنماط ماجورانا، والتفافها حول بعضها البعض، كتجديل خصلات شعر (انظر: المرجع 3 لمخطط أوَّلي واعد لجهاز جديد). لذلك.. تُعتبر أنماط ماجورانا بمثابة خزائن مرغوب فيها بشكل واسع، تحوي المعلومات الكمية. إذَن، أين نقف فيما يتعلق بتنفيذ عمليات الحوسبة الكمية المعتمِدة على الماجورانا، والمقاومة للضجيج؟

اشتهرت التجارب الرائدة[4,5] للكشف عن علامات ذات مصداقية عالية لأنماط الماجورانا، وذلك باستخدام قياسات التوصيل الكهربائي في أجهزة التوصيل الفائقة. (يمكن الاستدلال على وجود أنماط ماجورانا من مسابير محلية، لكن لا يمكن استخدام ذلك للوصول إلى المعلومات الكمية التي تشفِّرها تلك الأنماط.) ومن ثم، يفتح ألبرخت وزملاؤه آفاقًا تجريبية جديدة، من خلال قياس مدى تطوُّر أنماط الماجورانا أثناء سَحْبها بعيدًا عن بعضها البعض. فقد قام الباحثون بفحص ودراسة أسلاك فائقة التوصيل، عالية الجودة جدًّا، تتراوح أطوالها ما بين 330 و1500 نانومتر، باستخدام نظام قياس ذكي؛ لتحديد كمية الطاقة اللازمة لإضافة إلكترون واحد فقط للموصل الفائق.

وإذا كانت أنماط ماجورانا تتشكل بالفعل في أجهزة الباحثين؛ إذَن ينبغي أن تنخفض الطاقة اللازمة أُسِّيًّا أثناء الانتقال تدريجيًّا إلى أسلاك أطول. وهذا بالضبط ما وجده الباحثون، كاشفين عن صفة أساسية للماجورانا، ترتبط ارتباطًا وثيقًا بقابلية استخدام الأجهزة في الحوسبة الكمية. وقد تبيَّن أن ثابت الاضمحلال الأُسِّي المُقاس قصير بشكل غريب (يبلغ حوالي 250 نانومترًا)؛ مشيرًا إلى أنه حتى الأنظمة ذات الحجم المتواضع قد تؤوي أنماطًا من الماجورانا، تقترب من المثالية، وكذلك بِتّات كَمِّيّة مثالية أيضًا.

وإضافةً إلى ذلك.. فإن الفروق الدقيقة في مدى



الشكل 1 | أنماط ماجورانا في الأسلاك فائقة التوصيل.
أ، تحاكي الأيدي المتشابكة في صفٍ من الأطفال تَشابُك الإلكترونات في أسلاك فائقة التوصيل، مصنوعة خصيصًا[2]: نصف كل إلكترون يرتبط بجاره من اليمين، ويرتبط النصف الآخر بجاره من اليسار (تشير النقاط البنفسجية إلى إلكترونات إضافية متشابكة بالطريقة نفسها). وتمثل الأيادي الحرة عند النهايات أنماط ماجورانا (وهي أنصاف إلكترونات غير مرتبطة بشيء، مفصولة بمسافة L) في الموصل الفائق. **ب**، يشكل نَمَطَا الماجورانا مستوى كميًّا واحدًا، يمكن أن يكون خاليًا، أو يملأه إلكترون. وتعبِّر المعادلة عن العلاقة المتوقَّعة بين الطاقة E اللازمة لملء هذا المستوى، وL؛ وتعبِّر ξ عن ثابت اضمحلال أُسِّيّ. وقد أكد ألبرخت وزملاؤه[1] على حدوث الإخماد الأُسِّيّ للطاقة E كلما زاد طول السلك.

الاعتماد على الطول لمستويات الطاقة المقاسة تتفق مع التوقعات النظرية[6]. وإجمالًا، يبدو أنه من الصعب جدًّا تفسير البيانات المتراكمة المجمَّعة في هذه التجربة الأخيرة باستخدام مبادئ الفيزياء التقليدية، إلا أن النتائج تقدِّم ما هو أكثر من مجرد أدلة إضافية على وجود أنماط ماجورانا في الأسلاك فائقة التوصيل؛ فالتوصيف غير المسبوق هذا يهيئ المجال لحقبة جديدة مدهشة من السيطرة على الماجورانا.

وعلى وجه الخصوص، تبدو المرحلة الآن مهيَّأة لإجراء اختبارات كمية للمبادئ الأساسية لعملية معالجة المعلومات الكمية، القادرة على احتواء الأخطاء. ويحمل هذا النهج في طياته تحدِّيَيْن تجريبيَّيْن حاسمين، هما: تطوير تقنيات لمعالجة أنماط ماجورانا بشكل ديناميكي، أي خلق ونقل وصهر أنماط الماجورانا داخل جهاز واحد، وعرض قراءات ناجحة للمعلومات المخفية المشفرة من خلال حالاتها الكَمِّيَّة. وفي المقابل، ستمكِّن هذه القدرات من إجراء مجموعة واسعة من التجارب ـ حتى في الأجهزة البسيطة بشكل غير متوقع ـ من شأنها أن تخطو نحو التطبيقات.

وينبغي أن تهدف البحوث المستقبلية إلى تحديد مقدار حماية المعلومات الكمية المخزَّنة في نموذج كيوبت ماجورانا المبدئي، وكذلك مقارنة سلوكها مع سلوك البِتَّات الكمية التقليدية بشكلٍ مفيد. فإن تجديل أنماط ماجورانا لتنفيذ عمليات المعالَجة المعلوماتية القادرة على احتواء الأخطاء يشكل تحديًا إبداعيًّا في هذا المجال، إذ قد تمهِّد تجارب إثبات صحة تلك المفاهيم الطريقَ لجيل جديد قوي ممتد من أجهزة الحوسبة الكمية، بينما تقدِّم لمحات رائعة لجوانب لم يُلتفَت إليها من قبل في ميكانيكا الكَمّ، إضافة إلى مجموعة كبيرة من المفاجآت، التي ستظهر على طول الطريق. ■

جيسون أليسيا يعمل في معهد المعلومات الكَمِّيَّة والمواد، وفي شعبة الفيزياء والرياضيات وعلم الفلك بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا، باسادينا، كاليفورنيا 91125، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: alicea@caltech.edu

1. Albrecht, S. M. *et al. Nature* **531,** 206–209 (2016).
2. Kitaev, A. Yu. *Sov. Phys. Usp.* **44** (suppl.), 131–136 (2001).
3. Hyart, T. *et al. Phys. Rev. B* **88,** 035121 (2013).
4. Mourik, V. *et al. Science* **336,** 1003–1007 (2012).
5. Nadj-Perge, S. *et al. Science* **346,** 602–607 (2014).
6. Stanescu, T. D., Lutchyn, R. M. & Das Sarma, S. *Phys. Rev. B* **87,** 094518 (2013).

الأحياء الجزيئية

كسـور في المـخ

أسلوب بحثي عالي الإنتاجية يكشف عن تجمُّع كسور مزدوج في شريطي الحمض النووي في الخلايا العصبية، أغلبها موجود في الجينات الكبيرة المرتبطة بالوظائف العصبية؛ ما يشير إلى أنه قد تكون لتلك الكسور وظائف في أنسجة بعينها.

توماس دابليو. جلوفر، وتوماس إي. ويلسون

كشفت الدراسات التي أُجريت على مدار السنوات العشر الأخيرة عن درجة مدهشة من التباين في هياكل الجينومات البشرية. وأصبح من المعروف الآن أن التباينات الهيكلية (SVs) في الحمض النووي الخاص بالخط النسيلي هي أحد العوامل الرئيسة المسبِّبة للتنوع الجينومي الطبيعي، كما تُعَدّ نوعًا مهمًّا من التطفر في الاضطرابات الجينومية، وهي تظهر بصورة متكررة في السرطانات. وكثير من تلك التباينات يُعتقد أنها نتاج أخطاء في عملية تضاعُف الحمض النووي[1]، لذا.. فيُتوقع حدوثها كثيرًا في الخلايا الجسدية المنقسمة (وهي الخلايا غير الخاضعة للانقسام الميوزي). وبعكس التباين الهيكلي الموِرث في خلايا الخط النسيلي، لا يُعرف الكثير عن التباين الهيكلي في الخلايا الجسدية، وتأثيره على

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الشكل 1 | المواقع الساخنة لعمليات الإزفاء. قام وي وزملاؤه[2] بإجراء مسح حيادي على مستوى الجينوم بأكمله للكسور المزدوج في شريط الحمض النووي في الخلايا العصبية الجذعية والسلفية (NSPCs) الفأرية المستنبتة. ومن خلال تحليلهم، قاموا بتمييز الكسور المزدوج الطبيعي (ويلعب دور الفريسة) الذي ارتبط بالكسور المزدوج المستحدث تجريبيًّا (ويلعب دور الطُّعْم) لإحداث عمليات إزفاء فيما بين الكروموسومات وبعضها. وجد الباحثون مواقع ساخنة، تتكرر فيها الكسور المزدوجة في الجينات الكبيرة المنسوخة بشكل نشط، وتضاعفت مؤخرًا، وتلعب دورًا عند نقاط التشابك العصبي بين الخلايا العصبية، أو في عمليات الالتحام العصبي. وقد تم تمييز عديد من التجمعات المتكررة للكسور المزدوج عند تعريض الخلايا للإجهاد المصاحِب لعملية التضاعف. ويمكن لتلك الكسور المزدوجة أن تؤدي إلى إعادة ترتيب الجينات، ما يسهم في حدوث تغيرات جينية في خلايا المخ المختلفة، أو الأنسجة الأخرى، ويصاحب ذلك تداعيات وظيفية داخل الجسم الحي.

وظائف الأنسجة والأمراض. في ورقة بحثية نُشرت في دورية "سِل" *Cell*، قام وي وزملاؤه[2] بعرض نظرة متفحصة في تلك الأسئلة، من خلال تفحُّص مناطق الكسر المزدوج في شريط الحمض النووي (وتُسمى اختصارًا DSBs) التي تحدث في الخلايا العصبية في الفئران.

بشكل أساسي، تكمن صعوبة دراسة التباين الهيكلي للحمض النووي في الخلايا الجسدية في التحديات التقنية التي يواجهها العلماء في الكشف عن مثل تلك الأحداث النادرة التي تحدث في مجموعات الخلايا، إلا أن وي وزملاءه شرعوا في استخدام تقنيات التسلسل الحساسة إلى جانب الأدوات المعلوماتية الحيوية، من أجل إلقاء نظرة سريعة على التباين الهيكلي في الخلايا الجسدية داخل الجسم الحي، وخاصةً في المخ، إذ وُجد أن ما يصل إلى 40% من الأعصاب المفردة يحتوي في نطاق ملايين القواعد النووية على اختلافات في أعداد النُّسَخ (تُسمى اختصارًا CNVs)، وهي نوع من التباين الهيكلي، يختلف فيها عدد نُسَخ منطقة ما في الجينوم بين الخلايا وبعضها، أو بين الأفراد وبعضهم)[4,3]، إلا أنه بسبب انخفاض دِقَّة العديد من الأساليب، فإن مدى الانتشار الحقيقي للتباين الهيكلي في الخلايا العصبية أو الخلايا الأخرى غير معروف، وكذلك آليّات حدوثه.

ومن ثم، استخدم وي وزملاؤه طريقة اختبار حساسة ومحددة الهدف، تُعرف باسم "التقنية عالية الإنتاجية لتسلسل الإزفاء الجينومي"؛ وهي تتيح الكشف على مستوى الجينوم عن الكسور المزدوج الذي يحدث بشكل طبيعي في شريط الحمض النووي ـ ويلعب دور الفريسة ـ عن طريق إحداث كسر تجريبي ـ يلعب دور الطُّعْم ـ في أماكن أخرى من الجينوم. تلتحم تلك الكسور في عمليات إصلاح الحمض النووي الخلوية، ما يؤدي إلى حدوث إزفاء لأجزاء من الجينوم. ومن ثم، يتيح تسلسل مناطق الالتحام النهائية رسم خرائط لتلك الكسور، وتوصيفها على مستوى النيوكليوتيدات.

في البداية، قام الباحثون بإحداث كسر مزدوج في شريط الحمض النووي في مواضع "الطُّعْم" في ثلاثة كروموسومات فأرية في خلايا عصبية جذعية وسلفية (NSPCs) مستنبتة، تفتقر إلى بروتين Xrcc4 اللازم لإتمام عملية إصلاح الكسر بأسلوب ربط النهايات غير التجانسي (NHEJ)؛ ويؤدي منع هذه العملية إلى تكاثر الخلايا المعاد ترتيب الجينات فيها. كما افتقرت الخلايا أيضًا إلى بروتين p53، الذي يدعم غيابه بقاء الخلية. واستطاع الباحثون تمييز آلاف الكسور التي تمثل الفريسة، حيث 61% منها يقع بالقرب من الكسور التي تمثل الطُّعْم، أما الباقي، فكان موزعًا على الجينوم بأكمله (الشكل 1). ومن اللافت للنظر أنه قد عُثر على العديد من تلك الكسور في ثلاثة تجمعات متكررة من الكسور المزدوج (تُسمى اختصارًا RDCs). وقد وُجد اثنان من تلك التجمعات في الجينين *Lsamp* و*Npsa3g*، وهي جينات كبيرة بشكل غير عادي؛ يرمز الجين الأول إلى جزيء التصاق مخصص للخلايا العصبية، ويرمز الثاني إلى عامل نسخ. أما التجمع الثالث، فهو للكسور التي تحدث بالقرب من تلك التي تمثل الطُّعْم.

وحين قام الباحثون بتطبيق النهج ذاته في الخلايا البائية الفأرية (وهي أحد أنواع الخلايا المناعية)، وجدوا تجمُّعات متكررة من الكسور المزدوج، خاصة في الخلايا البائية، لكنهم لم يعثروا على عمليات إزفاء تتضمن جين *Lsamp*. ومن خلال تحليل عملية النسخ، ظهر أن جين *Lsamp* قد تم التعبير عنه في الخلايا العصبية الجذعية والسلفية (NSPCs)، لكن ليس في الخلايا البائية؛ وهو ما يشير إلى أن قابلية تعرُّض مناطق جينية محددة للكسر المزدوج في أنواع معينة من الخلايا ترتبط آليًّا بعملية النسخ.

ومن ثم، قام الباحثون بدراسة تأثير الإجهاد المصاحِب لعملية تضاعف الحمض النووي على الكسور المزدوج، عن طريق معالجة الخلايا العصبية الجذعية والسلفية بجرعات منخفضة من الأفيديكولين، وهو مثبط لإنزيمات بوليميريز الحمض النووي، يُستخدم على نطاق واسع لدراسة عدم استقرار المواقع الضعيفة الشائعة (CFS)[5]. وقد استطاع هذا النهج تمييز 24 تجمُّعًا متكررًا للكسور المزدوج، جميعها في الجينات، وأكثر من 300 تجمع آخر مرشح. وإجمالًا، كان 26 من بين 27 تجمُّعًا في جينات تزيد أحجامها على 400 ألف قاعدة، و13 تجمُّعًا في جينات يزيد حجمها على مليون قاعدة، بما في ذلك العديد من جينات المواقع الضعيفة الشائعة. كما أن أكثر من 90% (أي 24 من أصل 26) من جينات التجمعات المتكررة تلك في الخلايا العصبية الجذعية والسلفية تلعب دورًا في الارتباطات العصبية، أو في وظائف نقاط التشابك العصبي (الوصلات الموجودة بين الخلايا العصبية)، والعديد منها مُقْحَم في اضطرابات النمو العصبي والاضطرابات العصبية النفسية؛ وهي تشمل جينات *Lsamp* و*Nrnx1g* و*Dccg*. وقد تم استنساخ جميع جينات التجمعات المتكررة بشكل نشط، إلّا جينًا واحدًا؛ كما أتمت جميعها أيضًا عملية التضاعف في المرحلة "إس" S phase من دورة حياة الخلية، إلّا جينًا واحدًا. وبمقارنة التسلسل الجيني عند نقاط التحام الفواصل في الخلايا التي تُجْرِي عمليات إصلاح الحمض النووي بواسطة أسلوب ربط النهايات غير التجانسي، وتلك التي تفتقر إلى هذا النهج، يتضح أن ربط النهايات بالطريقتين الأساسية أو البديلة يتوسط عمليات الإزفاء الجيني.

وتشير هذه الاكتشافات ـ المتعلقة بكبر حجم الجينات وعمليات النسخ النشطة، وعمليات التضاعف المتأخرة، والتحفيز عن طريق التعرض للإجهاد المصاحب لعملية التضاعف ـ إلى أن التعارض بين عمليتي النسخ والتضاعف يسهم في رفع معدلات حدوث الكسور المزدوج، وإعادة ترتيب الجينات في الخلايا العصبية الجذعية والسلفية. وقد ربطت دراسة سابقة[5] هذه العوامل باختلافات أعداد النسخ، وبالمواقع الضعيفة الشائعة في الخلايا الليفية البشرية، وفي الخلايا الجذعية الجنينية الفأرية. ووجدت الدراسة أن اختلافات أعداد النسخ التي تحدث بشكل تلقائي، وتلك المستحدثة بواسطة التعرض للإجهاد المصاحِب لعملية التضاعف، تقع أحجامها في نطاق يبدأ من ألف قاعدة، ويصل إلى عدة ملايين من القواعد على مدى الجينوم بأكمله، لكن مع وجود مواقع "ساخنة" في الجينات الكبيرة المنسوخة بشكل نشط، التي تضاعفت مؤخرًا؛ ومنها جين *LSAMP* الموجود في الخلايا الليفية البشرية، إلى جانب جينات أخرى لها وظائف عصبية. وإلى جانب ذلك.. كانت تلك المواقع الساخنة من نوع المواقع الضعيفة الشائعة كذلك، التي يؤدي فيها الهيكل الجيني وعملية التضاعف البطيئة أو المتوقفة تمامًا إلى دخول الحمض النووي غير المضاعف في عملية انقسام خلوي فتيلي[7,6].

ومن اللافت للنظر أن تلك المواقع الساخنة المحتوية على اختلافات في أعداد النسخ قد تجمعت في وسط جينات كبيرة، بنمط مشابه لنمط توزيع نقاط الكسر في التجمعات المتكررة من الكسور المزدوج، التي اكتشفها وي وزملاؤه. وظهر عدم الاستقرار هذا مرة أخرى فقط حين تم نَسْخ الجينات. كما كان هناك تداخل ملحوظ بين الجينات المحددة في هاتين الدراستين، مع تبيُّن أن 5 من بين 9 (أي 56%) من المواقع الساخنة البشرية المحتوية على اختلافات في أعداد النسخ، توافق جينات تجمعات الكسور المزدوج المتكررة، وتُظْهِر 52% من جينات تجمعات الكسور المزدوج المتكررة اختلافات في أعداد النسخ في الخلايا الجذعية الجنينية الفأرية. وبملاحظة نتائج وي وزملائه، نجد أن عدم الاستقرار في هذه المواقع يصحبه كسور مزدوج، غالبًا ما ينشأ بسبب شوكة التضاعف المعطلة، التي تتكون أثناء عملية تخليق الحمض النووي. وبالإضافة إلى تسبُّب تلك الكسور في حدوث عمليات الإزفاء، فهي قد تؤدي أيضًا إلى اختلافات في أعداد النسخ، تحدث من خلال نهج ربط النهايات، أو أي طريقة أخرى من طرق إصلاح الحمض النووي. إنّ فَهْم ميل الخلية إلى تفضيل طريقة عن أخرى لإصلاح نطاقات الحمض النووي التي تضررت أثناء عملية النسخ، والتنسيق فيما بينها أثناء

دورة حياة الخلية، هما من التحديات الأساسية التي تواجه الدراسات المستقبلية.

وبالإضافة إلى فهم الآليات، فإن لاكتشافات وي وزملائه تداعيات على فهْمنا لاستقرار الجينوم في المخ، وفي الأنسجة الأخرى. فقد اعتُقد أن عمليات إعادة ترتيب الجينات في الخلايا الجسدية تسهم في عمليات التنوع العصبي، مثل التعلم والذاكرة[8]، حيث يقوم فيها كثيرٌ من الجينات الكبيرة المرتبطة بتجمعات الكسور المزدوج المتكررة بالعمل. وتشير دراسات التباين الهيكلي في المشيمة والجلد وأنسجة أخرى إلى أدوار مهمة في الأحياء الخلوية[10,9]. وفي دراسة سابقة[11]، أظهرت المجموعة البحثية التي قامت بالدراسة الحالية أن أسلوب ربط النهايات غير التجانسي ضروري؛ كي يكتمل تمييز الخلايا العصبية الجذعية والسلفية، ما يشير إلى وجود دور لعملية إصلاح الكسر المزدوج بواسطة هذا النهج أثناء التطور الطبيعي للدماغ. ومن المحتمل أن المجموعات الفرعية من خلايا المخ تُظْهِر نوع عمليات إعادة الترتيب الجيني نفسه، وأن بعض الخلايا يخضع للانتقاء الإيجابي. ومن الضروري إجراء دراسات مشابِهة داخل الجسم الحي، وفي أنسجة أخرى؛ لاختبار هذه الفرضية.

إنّ كون كثيرٌ من الجينات الكبرى الخاصة بالثدييات يتم نسخه في المخ، حيث يؤدي وظائف عصبية، يدعم إمكانية وجود تباين هيكلي خاص بالمخ فقط. كما أنه من المثير افتراض أن التكوين المبرمج للتباين الهيكلي ربما يفسر السبب وراء الحفظ التطوري للهيكل الجيني الكبير، برغم كونه غير مستقر. ومع ذلك.. فإن أحد التفسيرات البديلة هو عمليات ضبط التعبير الجيني المعتمدة على طول الجين، بواسطة ارتباط البروتين بتعديلات في الحمض النووي، خاصة بالمخ[12]. كما نحتاج كذلك إلى فهم أيٍّ من العوامل الأخرى يسهم في حدوث الكسر المزدوج، وفي تكوُّن التباين الهيكلي في الجينات الكبيرة المنسوخة. ونحتاج أيضًا إلى فهم السبب في كون بعض تلك الجينات أكثر عرضة من غيرها لهذه العمليات. وفي النهاية، سيكون من الضروري معرفة جميع أشكال التباين الهيكلي الموجود في المخ، وفي الخلايا الأخرى؛ لإدراك التداعيات المحتملة. ومن المرجَّح أن يكون الكثير من التباين الهيكلي الجديد ضارًّا، لكن التباين الذي يؤدي إلى اكتساب وظائف جديدة، أو تعديل وظائف قائمة، سيكون مفيدًا للغاية. ■

توماس دابليو. جلوفر، و**توماس إي. ويلسون** يعملان في قسمي علم الوراثة البشرية، وعلم الأمراض، كلية الطب بجامعة متشيجان، آن آربور، متشيجان 48109، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: glover@med.umich.edu; wilsonte@med.umich.edu

1. Lee, J. A., Carvalho, C. M. B. & Lupski, J. R. *Cell* **131,** 1235–1247 (2007).
2. Wei, P.-C. *et al. Cell* **164,** 644–655 (2016).
3. Cai, X. *et al. Cell Rep.* **8,** 1280–1289 (2014).
4. McConnell, M. J. *et al. Science* **342,** 632–637 (2013).
5. Wilson, T. E. *et al. Genome Res.* **25,** 189–200 (2015).
6. Durkin, S. G. & Glover, T. W. *Annu. Rev. Genet.* **41,** 169–192 (2007).
7. Minocherhomji, S. *et al. Nature* **528,** 286–290 (2015).
8. Muotri, A. R. & Gage, F. H. *Nature* **441,** 1087–1093 (2006).
9. Hannibal, R. L. *et al. PLoS Genet.* **10,** e1004290 (2014).
10. O'Huallachain, M., Karczewski, K. J., Weissman, S. M., Urban, A. E. & Snyder, M. P. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* **109,** 18018–18023 (2012).
11. Gao, Y. *et al. Cell* **95,** 891–902 (1998).
12. Gabel, H. W. *et al. Nature* **522,** 89–93 (2015).

روبوتات مجهرية

تصميم روبوتات سَبَّاحة

قام علماء بصناعة روبوتات مجهرية لَدِنَة، يمكن التحكم في أشكال أجسامها باستخدام أنماط ضوئية موجَّهة، كما يمكنها دفع نفسها ذاتيًّا باستخدام موجات تشوُّهية تمر عبر أجسادها، تشبه الموجات التي تُظْهِرها الحيوانات الأوَّلية أثناء السباحة.

إيجور أرانسون

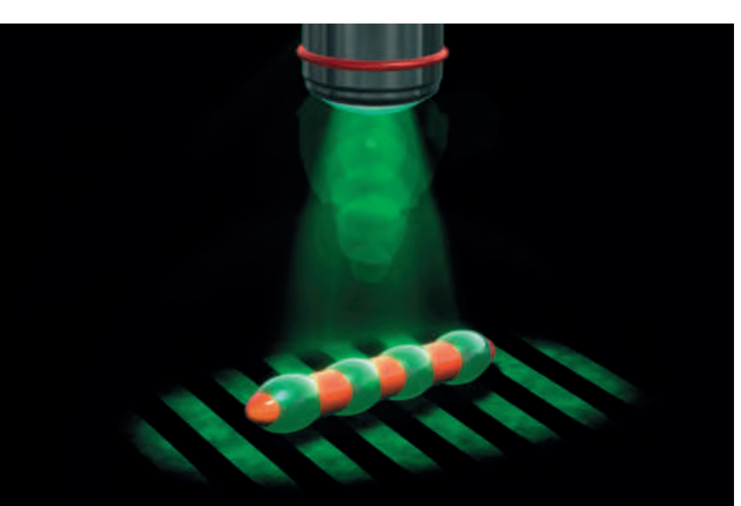
لطالما كانت حشود الروبوتات المجهرية "الذكية" التي تجوب الجسد البشري لتوصِّل الأدوية، أو لتُجَمِّع الآلات المجهرية المعقدة، من الموضوعات ذات الشعبية في الأفلام الكبيرة، والروايات الأكثر مبيعًا. انظر ـ على سبيل المثال ـ فيلم "رحلة رائعة" *Fantastic Voyage*، الذي عُرض في عام 1966، أو رواية مايكل كرايتون "فريسة" *Prey*، التي نُشرت في عام 2002. ورغم أن هذا المفهوم حاليًّا لا يزال حبيسًا في نطاق الخيال العلمي، إلا أن الباحثين يأخذون خطوات واسعة تجاه إخراج هذه الرؤية إلى الواقع. وفي البحث الذي نُشر في دورية *Nature* في قسم *Nature Materials*، أعلن بالاجي وزملاؤه[1] عن حدوث تقدُّم كبير تجاه تحقيق هذا الهدف، وهو إنشاء روبوت مجهري يعمل بالضوء، مُستوحًى من الحيوان الأولي السَّبَّاح *Paramecium*.

إن تصميم روبوت سبّاح مجهري متين بإمكانه التنقل في بيئات معقدة، والقيام بوظائف مفيدة يُعَدّ مكوِّنًا أساسيًّا في مسعى إخراج الرؤية من الواقع إلى الخيال. وبغرض أن تعمل السَّبَّاحات المجهرية بصورة مستقلة أو حسب الطلب، ينبغي عليها أن تكون قادرة على حصد الطاقة، ودفع نفسها عبر السائل نحو هدفها، والاستجابة للإشارات الخارجية. كما أن هناك حاجة إلى الطاقة؛ من أجل التغلب على الاحتكاك مع السائل، وللمحافظة على الحركة لفترة طويلة، قد تصل إلى ساعة في بعض التطبيقات الطبية الحيوية.

توجد بالفعل تصميمات عديدة، أحدها هو قضيب مجهري من الذهب والبلاتين، يدفع نفسه ذاتيًّا، بعد وضعه في محلول مائي من بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2؛ مرجع 2)، حيث يحلِّل القضيب المجهري بيروكسيد الهيدروجين، وينقل الطاقة المنبعثة من هذه العملية إلى الماء. ويؤدي تدفق المياه الذي يتلو هذا الأمر إلى دفع القضيب إلى الأمام، مثل غواصة مصغرة. كما يوجد تصميم مشابه[3,4]، حيث تقوم أنبوبة مجهرية على شكل صاروخ، مصنوعة من مركّب البلاتين والبوليمر، بتوليد فقاعات غازية من تحلُّل بيروكسيد الهيدروجين، ومن ثم تقوم هذه الفقاعات بدفع الصاروخ المجهري.

من الممكن أيضًا استخدام مجالات مغناطيسية، أو كهربائية خارجية في تشغيل السباحين المجهريين[5-9]، حيث إن بعض السباحين ينزلقون على سطح الماء في حركة تشبه الثعابين، أو الديدان، وذلك عن طريق ثَنْي أجسادهم بصورة دورية[8,9]. ويتوقع العلماء أن يُستخدم السباحون المجهريون في إزالة انسداد الشرايين[10]، وفي تحريك الحيوانات المنوية غير المتحركة، وحملها لتخصيب البويضات[11].

لقد أتقنت الطبيعة وسائل فعالة في الدفع الحركي على المستوى الميكرومتري، ويتجلى ذلك في دوران السياط البكتيرية الحلزونية، والنبضات الموجية للأهداب (بِنًى دقيقة تشبه الشعر)، التي تغطي *Paramecium*. وهذه الموجات متبدِّلة التوقيت ـ التي تنتج عن الحركة التسلسلية لآلاف الأهداب ـ تمكِّن Paramecium من السباحة بسرعات مذهلة[12]، قد تصل إلى عشرة أضعاف طول جسمها في



الشكل 1 | سباح يعمل بالضوء. مجهر (بالأعلى) يسلط تسلسلًا متحركًا من خطوط مضيئة (باللون الأخضر) ومظلمة (باللون الأسود) على قضيب بطول واحد ميلليمتر من البوليمر الحساس للضوء، مما يستحث تشوهات دورية (تظهر على هيئة نتوءات) على سطح القضيب. ويظهر بالاجي وزملاؤه[1] أن هذه التشوهات العابرة تدفع القضيب اللدن عبر سائل بصورة تشبه تحرك الحيوانات الأولية.

ALEJANDRO POSADA/MAX PLANCK INST. INTELLIGENT SYSTEMS

الثانية. (وللمقارنة، بالكاد يستطيع الدولفين السباحة بسرعة تبلغ ضِعْف إلى ثلاثة أضعاف طول جسمه في الثانية، عندما يكون في عجلة من أمره).

وسيكون من المرغوب جدًّا وجود سباحين مجهريين صناعيين يمتلكون مثل هذا الدفع الموجي المذهل. ورغم ذلك.. فإن إنجاز مثل هذه التشوهات الموجية المتناسقة في جسد السباح المجهري يمثل تحديًا تقنيًّا، وهو الحاجة إلى تصنيع عدد هائل من المحركات والمفاصل الضئيلة جدًّا، بحيث يمكن التحكم في كل منها بشكل فردي.

اقترح بالاجي وزملاؤه طريقة ممتازة للدفع الحركي المجهري، تتيحها الموجات العابرة؛ فبدلًا من مجموعة معقدة من المحركات الموجهة، يستخدم الباحثون بوليمرًا صناعيًّا، وهو بوليمر مطاطي لدن من البلورات السائلة. وهذه المادة المطاطية التي تتكون من جزيئات موجَّهة في اتجاه معين، تُظهِر اقترانًا قويًّا على نحو لافت للنظر بين توجه الجزيء، والتشوه الميكانيكي، حيث تحدث استطالة لهذه المادة عندما تصطف الجزيئات بشكل تام مع بعضها البعض، بينما يحدث انكماش عندما يُفقد هذا الترتيب الجزيئي، وعادةً يحدث ذلك عندما يتم تسخينها أو تعريضها لضوء مكثف. وكنتيجة لذلك.. يمكن لهذه المادة أن تكون شديدة الحساسية نحو المؤثرات الخارجية، كالضوء، والحرارة[13].

ولإنتاج روبوت سباح، قام الباحثون بإضاءة قضيب بطول ملِّيمتر واحد من هذه المادة الحساسة للضوء بشعاع ليزر، وذلك باستخدام مصفوفة مستطيلة من المرايا المجهرية المُتحكَّم فيها حاسوبيًّا، بغرض إسقاط تسلسل متحرك من خطوط مضيئة ومظلمة على القضيب (انظر الشكل-1). وقد استجابت المادة بالتمدد والانكماش، وهكذا أمكن لتَسَلْسُل متحرك من خطوط مضيئة ومظلمة تخليق نمط من النتوءات المتحركة عبر جسد القضيب، بما يشبه النبضات الموجية للأهداب. وعلى نحو مذهل.. سَبَح القضيب بالفعل.

تمكَّن بالاجي وزملاؤه من ضبط سرعة هذا الروبوت المجهري اللدن، عن طريق تعديل السرعة التي تتحرك بها الخطوط الضوئية المسلَّطة عليه، كما كان بالإمكان بدء أو إيقاف الحركة، عن طريق تشغيل أو إطفاء الضوء على الترتيب. كما أنه عن طريق تغيير أنماط الضوء، كان بالإمكان أيضًا التحكم في عدة سباحين مجهريين دفعة واحدة، وإرغامهم على الدوران أو السير على طول مسار معين. ومن المفترَض نظريًّا أن تزداد سرعة سباحتهم بصورة طردية مع زيادة سرعة تحرُّك الخطوط الضوئية. ورغم ذلك.. وجد الباحثون أن وقت استجابة هذه المادة يحدّ من السرعة القصوى لحوالي 40 ميكرومترًا في الثانية (أو من حيث طول الجسم، حوالي 30 مرة أبطأ من الدولفين).

يمهِّد هذا العمل لخطوة أولى نحو دفع ذاتي مستوحَى من الأحياء بحق، إلا أن أيّ تطبيقات عملية ستتطلب توفُّر معدات بصرية. كما أنه بغرض جعل هذه الروبوتات أكثر تنافسية مع السباحين الصناعيين الآخرين، يلزم تقليص حجمها إلى مقياس الميكرومتر، كما ينبغي زيادة السرعة النسبية لسِباحتها بصورة كبيرة. ولا توجد حاليًّا قيود تقنية كبيرة على تصنيع قضبان بوليمرية أصغر بكثير، ولكن زيادة سرعة السِّباحة هي مسألة مختلفة، وتعتمد بصورة رئيسة على أداء المادة.

تشير حسابات بالاجي وزملائه إلى أن سرعة السباحة ستظل بدون تغيير تقريبًا، إذا تم تقليل حجم السَّبَّاحين. وفي هذه الحالة، إذا كان لدينا قضيب بطول 5 ميكرومترات ـ أي بتصغير في الحجم بمقدار 200 ضعف ـ فستظل سرعة سباحته حول 2 إلى 3 ميكرومترات في الثانية، أي ما يعادل نصف طول الجسم في الثانية الواحدة، وهو أبطأ من البكتيريا، و*Paramecium*، ولكنْ على قدم المساواة مع السرعات التي حققها السباحون الصناعيون الآخرون من ذوي الحجم المماثل[1]. وهذا يعني أنه ستكون هناك حاجة إلى مزيد من التطورات في المواد الحساسة للضوء، عالية الأداء؛ من أجل تعزيز سرعة سِبَاحة الروبوتات المجهرية. ■

إيجور أرانسون من قسم علوم المواد، مختبر أرجون الوطني، أرجون، إيلينوي 60439، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: aronson@anl.gov

1. Palagi, S. *et al. Nature Mater.* http://dx.doi.org/10.1038/nmat4569 (2016).
2. Paxton, W. F. *et al. J. Am. Chem. Soc.* **126,** 13424–13431 (2004).
3. Gao, W., Sattayasamitsathit, S., Orozco, J. & Wang, J. *J. Am. Chem. Soc.* **133,** 11862–11864 (2011).
4. Sanchez, S., Ananth, A. N., Fomin, V. M., Viehrig, M. & Schmidt, O. G. *J. Am. Chem. Soc.* **133,** 14860–14863 (2011).
5. Dreyfus, R. *et al. Nature* **437,** 862–865 (2005).
6. Ghosh, A. & Fischer, P. *Nano Lett.* **9,** 2243–2245 (2009).
7. Chang, S. T., Paunov, V. N., Petsev, D. N. & Velev, O. D. *Nature Mater.* **6,** 235–240 (2007).
8. Snezhko, A., Belkin, M., Aranson, I. S. & Kwok, W.-K. *Phys. Rev. Lett.* **102,** 118103 (2009).
9. Snezhko, A. & Aranson, I. S. *Nature Mater.* **10,** 698–703 (2011).
10. Cheang, U. K. & Kim, M. J. *J. Nanopart. Res.* **17,** 145 (2015).
11. Medina-Sánchez, M., Schwarz, L., Meyer, A. K., Hebenstreit, F. & Schmidt, O. G. *Nano Lett.* **16,** 555–561 (2016).
12. Katsu-Kimura, Y., Nakaya, F., Baba, S. A. & Mogami, Y. *J. Exp. Biol.* **212,** 1819–1824 (2009).
13. Camacho-Lopez, M., Finkelmann, H., Palffy-Muhoray, P. & Shelley, M. *Nature Mater.* **3,** 307–310 (2004).

علم الفيروسات

الملفات السِّرِّيَّة لالتهاب الكبد "بي"

وجدت الأبحاث أن بروتين HBx الخاص بفيروس التهاب الكبد "بي" قد ضم إليه أحد إنزيمات خلايا المضيف، التي تستهدف انحلال المركّب البروتيني Smc5/6.. مما يُظْهِر أن هذا المركّب يُعَدّ عاملًا خلويًّا مضادًّا للفيروسات.

تي. جيك ليانج

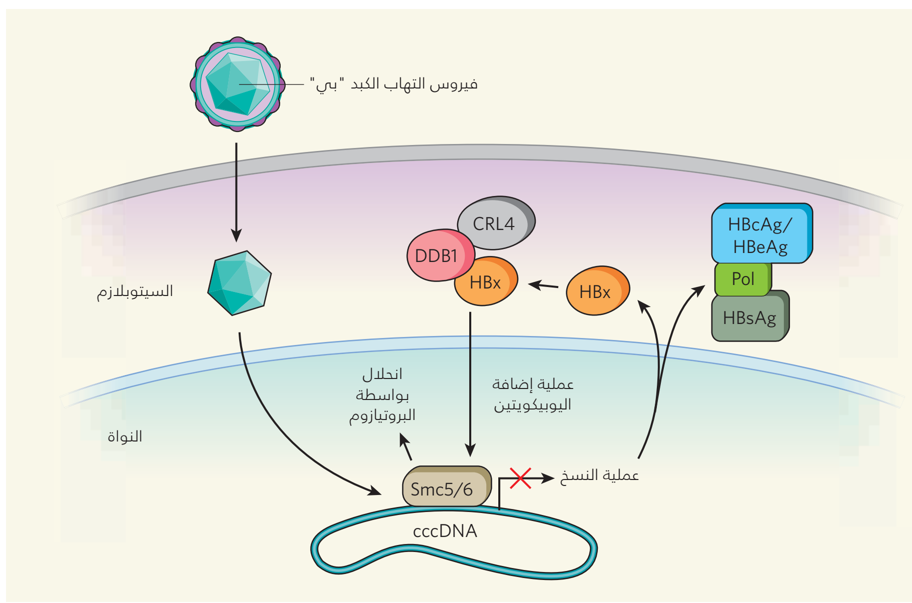
بنفس طريقة عمل العميلين مولدر وسكالي في مسلسل الخيال العلمي التلفزيوني "ذا إكس فايلز" *The X-Files*، عمل مجتمع الباحثين المختصين بفيروس التهاب الكبد "بي" لعدة عقود على مطاردة لغزه الذي لم يُحَلّ بعد: وهو حقيقة بروتين "إكس" الغامض الخاص بالفيروس. في بادئ الأمر، تم اكتشاف أن بروتين HBx يشترك في تفعيل عملية النسخ؛ ومنذ ذلك الحين تم إقحامه في مسارات خلوية متنوعة، بما فيها عملية نقل الإشارات، وموت الخلية المبرمج، وكذلك تنظيم الدورة الخلوية، وإصلاح الحمض النووي، إلا أن الكيفية التي يُحْدِث بها البروتين تأثيراته بقيت غير واضحة. ومن ثم، قدَّم ديكورسيير وزملاؤه[1] في بحثهم أدلة مثيرة للاهتمام، تفيد بأنّ بروتين HBx يتوسط عملية تحلُّل أحد العوامل المضادة للفيروسات الخاصة بالمضيف (أو ما يُسمى بعامل الحصر)، عن طريق التفاعل مع نظام اليوبيكويتين–بروتيازوم، وهو النظام الرئيس لتحلُّل البروتين في الخلية.

إنّ فيروس التهاب الكبد "بي"، و(يُسمى اختصارًا HBV) هو فيروس صغير يحوي حمضًا نوويًّا، وبه جينوم ثنائي الطاق بشكل جزئي، وهو يتضاعف بواسطة وسيط من الحمض النووي الريبي. وبعد دخوله إلى خلية المضيف، يتم تحويل الجينوم إلى حمض نووي تساهمي دائري مغلق "cccDNA"، يُوجد على هيئة كروموسوم صغير في النواة، ويعمل كمِرصاف لعملية نسخ الجين الفيروسي. وقد تم اكتشاف فيروسات أخرى ذات صلة بفيروس HBV الذي يصيب البشر في أنواع أخرى كثيرة، مثل البط، والفئران الجبلية، والسناجب، وأنواع متنوعة من الخفافيش. وبشكل أساسي، يصيب الفيروس خلايا الكبد، كما يمكن أن يؤدي إلى الإصابة بعدوى مزمنة، حتى مع وجود استجابة مناعية سليمة.

وتعود شكوك دائرة كثيرة حول وظيفة بروتين HBx إلى محدودية النماذج التجريبية، التي تمت دراسته من خلالها، حيث يعتمد معظمها على أنظمة غير معدية. ورغم ذلك.. من الواضح أن وجود هذا البروتين ضروري؛ كي يُحدِث الفيروس عدوى فعلية داخل الجسم الحي؛ إذ وُجِد أن الفيروس الذي يصيب الفئران الجبلية، والذي يحمل عيوبًا في الجين المرمز لهذا البروتين، ينقل العدوى بشكل ضعيف[2,3].

هناك العديد من العوامل الخاصة بالمضيف، التي يُعرف عنها تفاعلها مع بروتين HBx؛ من ضمنها البروتين الرابط للحمض النووي التالف من النوع الأول (DDB1)، الذي تم التعرف عليه لأول مرة بواسطة نهج جيني[4]. وقد تم إثبات صحة هذا التفاعل بعد ذلك من خلال دراسات بنيوية ووظيفية، إلا أن دور بروتين DDB1 ـ الذي يعمل ضمن منظومة الاستجابة لتلف الحمض النووي ـ في وظيفة بروتين HBx بقي غير واضح. وكما هو الحال مع الكثير من الاكتشافات العلمية التقليدية، فإن التقدم في مجال آخر ليس ذا صلة قد كشف عن العلاقة التي تربطهما.

وقد جذب نظام اليوبيكويتين–بروتيازوم الكثير من الاهتمام، بسبب دوره المركزي في عمليات خلوية كثيرة5، كما أن مكوناته ومساراته الكيميائية الحيوية



الشكل 1 | فيروس التهاب الكبد "بي" يفرّ من الوظائف الخلوية المضادة للفيروسات. بعد دخول جزيء من فيروس التهاب الكبد "بي" HBV إلى الخلية المضيفة، حيث تتم إزالة غلافه عنه، يتحول جينوم الفيروس إلى حمض نووي تساهمي دائري مغلق "cccDNA"، يُوجد في هيئة كروموسوم صغير في النواة، ويعمل كمِرصاف لعملية نسخ الجين الفيروسي. تؤدي ثلاثة بروتينات خاصة بفيروس HBV وظائف معروفة ومحددة، هي: بروتين مركزي (عندما يُفرز؛ يُطلَق عليه اسم HBcAG، أو HBeAg)، وإنزيم ناسخ عكسي (Pol)، وبروتين من بروتينات الغلاف (HBsAg). أمّا ديكورسيير وزملاؤه[1]، فقد كشفوا عن بروتين فيروسي آخر، هو بروتين HBx، وهو يعمل على انحلال عامل خلوي مضاد للفيروسات - مركّب Smc5/6 البروتيني. يُظْهِر الباحثون أن مركّب Smc5/6 في الغالب يرتبط بالحمض النووي cccDNA الخاص بفيروس HBV، وبالتالي فهو يثبط عملية نسخ الفيروس، لكن بروتين HBx يتفاعل مع بروتين DDB1 الموصِّل لمركّب إنزيم لايجيز اليوبيكويتين من نوع CRL4 – E3؛ ما يؤدي إلى استهداف مركّب Smc5/6 من أجل عملية إضافة اليوبيكويتين، التي توسم البروتين؛ كي يتم التعرف عليه وانحلاله من قِبَل آليّة البروتيازوم الخلوية.

مفهومة بشكل جيد. من بين تلك المكونات إنزيم من نوع "لايجيز E3"، يُطلَق عليه اسم CRL4 ـ وهو أحد أعضاء عائلة لايجيز اليوبيكويتين المرتبطة بمركّب كولِن-رينج (Cullin-RING) ـ وهو يستخدم بروتين DDB1 كبروتين موصِّل، يتم من خلاله استهداف بروتينات محددة، كجزء من عملية التحلل. كما يُعرف عن منتجات جينية فيروسية كثيرة استهدافها لمركّب CRL4–DDB16؛ ما يشير إلى أن نظام اليوبيكويتين–بروتيازوم يمكن أن يُعتبر بمثابة مسار خلوي شائع، تستغله الفيروسات، كي تضمن حدوثها لعدوى منتجة. وقد قام ديكورسيير وزملاؤه بالعمل على الكشف عن البروتينات المستهدَفة للتدمير من قِبَل المركّب المتكون من بين بروتينات CRL4، وDDB1، وHBx.

> **"يضيف اكتشاف مركّب Smc5/6 ـ كعامل حصر فيروسي ـ نقطةً جديدة إلى قائمة آليات الدفاع الخلوي ضد مُمْرِضات الحمض النووي الفيروسي".**

وقد تمكَّن الباحثون بالاعتماد على نهج ذكي للتفاعل البروتيني من تمييز مركّب Smc5/6 البروتيني كواحد من تلك الأهداف (الشكل 1)، وهو المركّب المتورط في نَواحٍ عديدة من مجال علم الأحياء الخاص بالكروموسومات. يُعيد بروتين HBx توجيه وظيفة إنزيم CRL4، بحيث يستهدف مركّب Smc5/6 من أجل عملية إضافة اليوبيكويتين، الذي يُوسِم البروتين؛ كي يتم انحلاله. ومن ثم، قاموا باستخدام أساليب جينية وكيميائية حيوية، لتوضيح كيف أن مركّب Smc5/6 يرتبط بالفعل بجينوم الفيروس؛ لمنع عملية النسخ الفيروسي (في الغالب، يرتبط المركّب بالحمض النووي الدائري cccDNA، إلا أن ذلك لم يتم إثباته بشكل قاطع). ولم تتمكن دراسة سابقة[7] لإنزيمات لايجيز المرتبطة بمركّب كولِن-رينج من إظهار مركّب Smc5/6 كأحد أهداف إنزيم CRL4، ولذا.. فمن غير الواضح ما إذا كان هذا المركب هو ركيزة طبيعية للإنزيم، أم لا. ومن المحتمل أن بروتين HBx يغيِّر من تخصص الإنزيم تجاه الركيزة، بحيث يستهدف الإنزيم البروتينات الخلوية، بالإضافة إلى مركّب Smc5/6، من أجل عملية الانحلال.

يضيف اكتشاف مركّب Smc5/6 كعامل حصر فيروسي نقطة جديدة للقائمة المتنامية التي تشمل الآليات الداخلية في ترسانة الدفاع الخلوي ضد مُمْرِضات الحمض النووي الفيروسي[9,8]. ويبدو أن مركّب Smc5/6 يرتبط بالحمض النووي الخاص بفيروس HBV، الموجود خارج الكروموسوم (الإيبزومي) فقط، ويثبطه؛ وليس ذاك المتحد مع الكروموسوم. ويبدو أن هذه الوظيفة المعنية بالإيبيزوم فقط هي بمثابة بقايا نوع آخر من العوامل المضادة للفيروسات، وهي عائلة APOBEC، التي تستهدف الحمض النووي الإيبزومي الغريب دون غيره، من أجل تعديله وانحلاله[10]. وقد لُوحِظ أن بروتين APOBEC3A ـ الذي يتم تحفيز التعبير عنه من خلال بروتينات الإنترفيرون الخاصة بنقل الإشارة ـ يرتبط بالحمض النووي الدائري cccDNA ـ الخاص بفيروس HBV ـ ويقوم بتحريره؛ مؤديًا إلى انحلاله[11]. وتكشف مثل هذه المسارات أن الآليات الخلوية المتنوعة قد تطوَّرت؛ كي تمنع الإصابة بالفيروس.

يشترك مركّب Smc5/6 في تقدُّم الدورة الخلوية، وأيضًا في التنظيم الكروموسومي، وعمليات إصلاح الحمض النووي[12]، إلا أنه لا يُعرف الكثير حول مشاركته في عملية تنظيم عملية النسخ. ومن ثم، أظهر ديكورسيير وزملاؤه أنه يمكن لهذا المركّب أن يكون له دور أساسي مضاد للفيروس، من خلال ارتباطه بالجينومات الفيروسية، وإسكات عملية نسخها. ولم يتم بعد استكشاف كيفية استهداف مركّب Smc5/6 للحمض النووي الإيبوزومي لإسكات تلك العملية، وما إذا كان يُحدِث تأثيرًا مماثلًا على الفيروسات الأخرى ذات الحمض النووي، أم لا، إلا أن الأدلة متوفرة[13] حول كون عملية نسخ فيروس HBV هي عملية منظَّمة بدقة، وتتم بواسطة التعديلات الوراثية غير الجينية (حيث يتم تعديل التعبير الجيني، دون تغيير تسلسل الحمض النووي). ويبدو أن بروتين HBx يعدِّل الكروموسوم الصغير الخاص بالفيروس عن طريق تعديلات وراثية غير جينية. ومن المحتمل أن يقوم المركّب بإسكات عملية النسخ عبر التأثير على الحالة الوراثية غير الجينية الخاصة بالكروموسوم الفيروسي الصغير.

وإضافة إلى ذلك.. تم اقتراح وجود بروتين HBx على الكروموسوم الصغير الخاص بفيروس HBV[10]، برغم أنه من غير المعروف ما إذا كان ارتباطه بالجينوم ضروريًّا من أجل العملية المستهدفة لانحلال مركّب Smc5/6، أم لا. كما أنه من غير الواضح ما إذا كان بروتين HBx يتفاعل مباشرة مع مركّب Smc5/6، أم لا؛ وحيث يحتوي المركب على الكثير من البروتينات، قد يشكل عاملٌ ما فيه ـ غير معرف بعد ـ الهدفَ المباشر لمركّب CRL4–DDB1-HBx.

ولا يزال هناك لغز آخر لم يُحَلّ بعد: فما هو السبب وراء وجود الجين المرمز لبروتين HBx في فيروسات التهاب الكبد التي تصيب الثدييات فقط، وليس في تلك التي تصيب الطيور؟ فهل نشأ التفاعل بين هذا البروتين ومركّب Smc5/6 مع ابتعاد فيروس HBV عن نظائره في الطيور؟ من المثير للاهتمام التخمين بأنّ جين بروتين HBx ربما تم الحصول عليه من المضيف، عندما دخل الفيروس إلى الثدييات لأول مرة منذ 10,000 عام؛ فاقتباس بعض جينات المضيف هو حدث تطوُّري نمطي في كثير من الفيروسات. وبذلك، يبدو أن اكتشافات ديكورسيير وزملائه في الأغلب ليست هي الحلقة الأخيرة في مسلسل ملفات HBx السرية. ■

تي. جيك ليانج يعمل في قسم أمراض الكبد، المعهد الوطني للسكري وأمراض الجهاز الهضمي والكُلى، المعاهد الوطنية للصحة، بيثيسدا، ميريلاند 1800-20892، الولايات المتحدة الأمريكية.
البريد الإلكتروني: jliang@nih.gov

1. Decorsière, A. *et al. Nature* **531,** 386–389 (2016).
2. Zoulim, F., Saputelli, J. & Seeger, C. *J. Virol.* **68,** 2026–2030 (1994).
3. Zhang, Z., Torii, N., Hu, Z., Jacob, J. & Liang, T. J. *J. Clin. Invest.* **108,** 1523–1531 (2001).
4. Lee, T.-H., Elledge, S. J. & Butel, J. S. *J. Virol.* **69,** 1107–1114 (1995).
5. Bosu, D. R. & Kipreos, E. T. *Cell Div.* **3,** 7 (2008).
6. Randow, F. & Lehner, P. J. *Nature Cell Biol.* **11,** 527–534 (2009).
7. Emanuele, M. J. *et al. Cell* **147,** 459–474 (2011).
8. Tavalai, N. & Stamminger, T. *Virus Res.* **157,** 128–133 (2011).
9. Wiebe, M. S. & Jamin, A. *J. Virol.* http://dx.doi.org/10.1128/JVI.00178-16 (2016).
10. Stenglein, M. D., Burns, M. B., Li, M., Lengyel, J. & Harris, R. S. *Nature Struct. Mol. Biol.* **17,** 222–229 (2010).
11. Lucifora, J. *et al. Science* **343,** 1221–1228 (2014).
12. Kegel, A. & Sjögren, C. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* **75,** 179–187 (2010).
13. Levrero, M. *et al. J. Hepatol.* **51,** 581–592 (2009).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

ملخصات الأبحاث



غلاف عدد 10 مارس 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 10 مارس من دَوْرِيّة "***Nature***" الدولية.

علم الأعصاب

تَعَرَّف على موقعك

بَيَّنَت عقودٌ من البحث أن النظام الملاحي للتذبذبات ـ الحادث بالحصين ومَن حوله ـ يتتبع موقع الحيوان أثناء الحركة. لم يكن من الواضح حتى الآن ما إذا كان المخ يتتبع الموقع عندما يتوقف الحيوان عن الحركة، وكيفية ذلك. وتبيِّن تلك الدراسة أن المخ يظل متتبِّعًا للموقع بكل الأوقات، بحالتي الحركة والتوقف. يحدد لوران فرانك وزملاؤه حشدًا منفصلًا من الخلايا العصبية الحصينية "الخاصة بالتوقف" بمنطقة CA2 بالحصين، التي ترسل إشارة خاصة بالموقع الحالي أثناء النوم، وليس في حالة اليقظة فقط.

A hippocampal network for spatial coding during immobility and sleep

K Kay *et al*

doi: 10.1038/nature17144

كيمياء حيوية

مراقبة الخلل تدعم السُّمِّيَّة البروتينية

يتم منع ترجمة البروتينات ـ التي تفتقر إلى كودون تَوَقُّف ـ من خلال آليّة المراقبة التي تَستخدِم مجمع السيطرة النوعية الريبوسومية "RQC". ويمكن أن ينتج عن فشل السيطرة النوعية إجهاد بروتيني سامر، وتنكس عصبي. يبين أولريش هارل وزملاؤه أنه في حالة غياب الوحدات الفرعية Ltn1، وRQC مع نشاط ليجيز الإيبكويتين E3، تضيف وحدة RQC فرعية أخرى - وهي Rqc2p - ذيلًا إلى البوليبتيدات المعطلة، وتعزِّز التجمع الخاص بها. وهكذا، تصبح البروتينات المرافقة معزولة بتلك المجاميع، وهو ما يؤثر على عمليات السيطرة النوعية المعتادة للبروتين. وتشير تلك الاكتشافات إلى نهج عام محتمَل، تقوم عليه السُّمِّيَّة الإجمالية، وتكوين البروتينات وتفاعُلها.

Failure of RQC machinery causes protein aggregation and proteotoxic stress

Y Choe *et al*

doi: 10.1038/nature16973

فيزياء

تضييق طَوْر الفجوة الوهمية

يحظى الأصل المحتمَل الخاص بطَوْر "الفجوة الوهمية" الغامض في الموصِّلات الفائقة عند درجة حرارة مرتفعة باهتمام أكبر، وذلك في ضوء بعض قياسات "هول" منخفضة الحرارة الجديدة عند مجالات مغناطيسية مرتفعة بدرجة كافية؛ لمنع آثار الخلط الخاصة بالتوصيل الفائق. برهن لويس تايليفر وزملاؤه على أن الفجوة الوهمية ليست مرتبطة بالتنظيم الشحني، كما اشتبه البعض، وهو ما تم رصده عند مستويات إشابة متوسطة، ولكنها مرتبطة بطَوْر عازل "موت" Mott عند إشابة منخفضة.

Change of carrier density at the pseudogap critical point of a cuprate superconductor

S Badoux *et al*

doi: 10.1038/nature16983

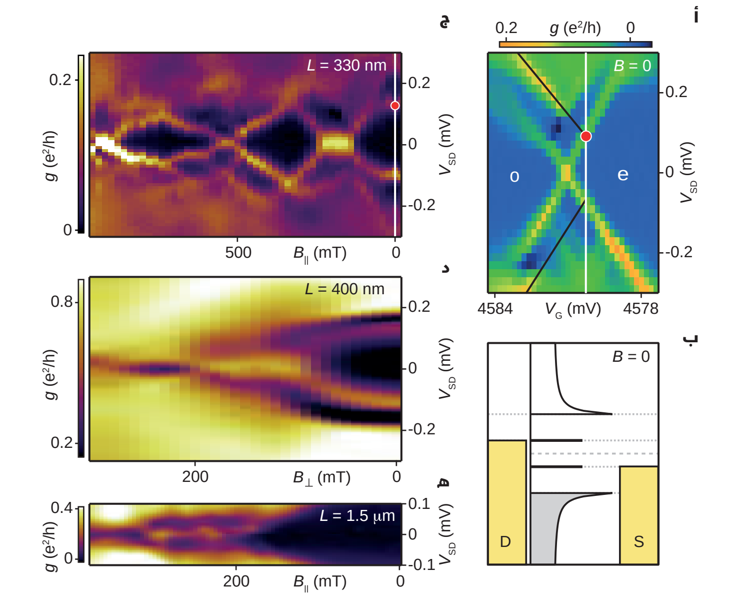
وسائط "ماجورانا" صارت أكثر واقعية

هناك ثلاثة أنواع أساسية معروفة من الفرميونات، هي: سميت ديراك، وفايل، وماجورانا. وحتى وقت قريب، هرب الأخيران من المراقبة، ولكن تم العثور على أدلة لوجود وسائط فايل، وماجورانا في نُظُم المواد المكثفة. وعلى وجه الخصوص، حدَّدت آثار وسائط ماجورانا في أجهزة الأسلاك النانوية لأشباه الموصلات، والموصلات الفائقة. وأثار هذا الأمر اهتمامًا كبيرًا، لأنه تم التنبؤ بالخصائص الطبوغرافية غير البديهية، حيث قدَّم تشارلز ماركوس وزملاؤه قطعة أساسية قادمة من الأدلة على وجود قوى لوسائط ماجورانا في مثل هذه الأجهزة، ألا وهي الحماية الأُسِّيَّة لوسائط ماجورانا في شكل قَمْع تقسيم الطاقة مع زيادة طول الأسلاك النانوية. وهذه الملاحظات تفتح الطريق إلى الخطوة التالية للتحكم في وسائط ماجورانا، وتأسيس الخصائص الطبوغرافية.

Exponential protection of zero modes in Majorana islands

S Albrecht *et al*

doi: 10.1038/nature17162



الشكل أسفله | التحليل الطيفي الانحيازي. أ، التوصيل g مقابل فرق جهد الانحياز V_{SD} وفرق جهد البوابة V_G. تشير الخطوط السوداء إلى التوصيل الناتج عن طور ارتباط؛ العلامة الحمراء عند $eV_{SD} = 2E_0$. ويشير "e" و"o" إلى المناطق التي يكون وجود الإلكترون بها N زوجيًّا وفرديًّا على التوالي. **ب،** النقطة الكمية وكثافة المجرى الخاصة بالأطوار عند جهد التكوين، التي تم توضيحها بواسطة العلامة الحمراء بـ (**أ**). يحرك تغيير فرق الجهد الانحيازي العلامة على طول الخط الأبيض بـ(**أ**). وتشير "S" و"D" إلى المصدر وتيار الصرف على التوالي. ويشير التظليل إلى الأطوار المشغولة. **ج-هـ،** التوصيل في مقابل تيار صرف المصدر الانحيازي V_{SD} والمجال المغناطيسي $B_{||}$ (**ج**، **هـ**)، أو $B_{\perp}$ (**د**) للأجهزة L = 330 نانومتر (**ج**)، L = 400 نانومتر (**د**) و L = 1.5 ميكرومتر (**هـ**) حيث يكون فرق جهد البوابة V_G مثبتًا على تلك القيمة الموضحة بواسطة الخط الأبيض بـ (**أ**).

فلك

كفاءة تكرار الاندلاع الراديوي السريع

الاندلاع الراديوي السريع هو بمثابة نبضات راديوية عابرة، تستمر لعدد قليل من الملِّي ثانية. يُعتقد أنها خارج مَجَرِّيَّة، وأصلها الفيزيائي غير معروف. افترضت نماذج عديدة من الاندلاع الراديوي السريع أن المتسبِّب فيها أحداثٌ جامحة مفاجئة، حدثت لمرة واحدة. لم يكشف تتبُّع رصد الاندلاع المكتشَف عن حدوث اندلاع متكرر، وذلك تماشيًا مع تلك النماذج، ولكن تلك الورقة البحثية تبلغ عن حدوث اندلاع عشر مرات من اتجاه FRB 121102، مما يبرهن على أن مصدرها قد حافَظ على الأحداث المفعمة بالطاقة، التي تسبَّبت في الاندلاع المتكرر، رغم أنه قد تكون هناك عدة أصول مادية للاندلاع، تدعم الاندلاع المتكرر المرصود من FRB 121102، نشأتُها في نجم نيوتروني خارج مَجَرِّي يافع مرتفع المغنطة.

A repeating fast radio burst

L Spitler *et al*

doi: 10.1038/nature17168

علم المناخ

تخفيف آثار تغيُّر المناخ

تمت دراسة التدفق البيوجيني الخاص بغازات الاحتباس الحراري الفردية على نطاق واسع، ولكن محصلة اتزان غاز الاحتباس الحراري البيوجيني الأرضي ـ كنتيجة للأنشطة البشرية، وأثرها المناخي ـ تظل غير مؤكَّدة. فقد حدَّد هانكين تيان وآخرون مقدار محصلة التأثير التراكمي لثلاثة من غازات الاحتباس الحراري ـ الميثان، وأكسيد النيتروز، وثاني أكسيد الكربون ـ على مستوى ميزانية الطاقة الخاصة بالكوكب من عام 2001 إلى 2010؛ واكتشفوا محصلة موجبة، تتمثل في احترار للأثر التراكمي، واستخلصوا أن تناقص انبعاث الميثان وأكسيد النيتروز من الأراضي الزراعية ـ بجنوب آسيا على وجه الخصوص ـ قد يساعد على التخفيف من آثار التغير المناخي.

The terrestrial biosphere as a net source of greenhouse gases to the atmosphere

H Tian *et al*

doi: 10.1038/nature16946

علم الفيروسات

آليّة مناعة فيروسية MIMIVIRE

يمكن أن تصاب أنساب (ب)، و(ج) للفيروس المحاكي mimivirus ـ وهو فيروس عملاق، يعيش مع الأميبات المفترسة كمضيف طبيعي ـ بواسطة عائلة فيروسية فريدة من نوعها، معروفة باسم "زاميلون" Zamilon. ومع ذلك.. فالنوع (أ) مقاوِم للإصابة بزاميلون. وقد حدَّد ديديه راؤول وزملاؤه آليَّة دفاع تعتمد على الحمض النووي الموجودة في النوع (أ)، وتوفر الحماية ضد الإصابة بزاميلون. يحتوي النوع (أ) على إدراج لتتابُع زاميلون متكرِّر، يُطلق عليه اسم عنصر المقاومة للعائلة الفيروسية MIMIVIRE، داخل أوبيرون، يرمز أيضًا إلى وظائف نوكليز، وهيليكيز. وقد تبين أن إسكات التتابعات المكررة والجينات ذات الصلة يعيد القابلية للإصابة بزاميلون. كما يوضح هذا العمل أن عنصر MIMIVIRE هو عامل مقاوِم ضد العائلة الفيروسية، مثلما يعمل كريسبر كعامل مقاوَمة ضد الفيروسات البكتيرية.

MIMIVIRE is a defence system in mimivirus that confers resistance to virophage

A Levasseur *et al*

doi: 10.1038/nature17146

علم المناخ

تحديد الأنظمة البيئية الحساسة للمناخ

من الأسئلة الأساسية في بحوث التغير المناخي: كيف يمكن تحديد الأنظمة البيئية الأكثر حساسية للتفاوت المناخي؟. تَستخدِم تلك الدراسة بيانات القمر الصناعي MODIS المجمَّعة في الفترة ما بين فبراير 2000، وديسمبر 2013؛ لتطوير مؤشر استشعار متري جديد للغطاء النباتي، الذي يقوم بقياس استجابة النظام البيئي للدَّفْع الخارجي لثلاثة متغيرات مناخية رئيسة، وهي: درجة حرارة الهواء، ووفرة المياه، والغطاء السحابي. يمكن استخدام المؤشر لتحديد وضع المرونة الخاص بالأنظمة البيئية عند دقة فصل مكانية مرتفعة، وعلى مقياس عالمي. والمناطق ذات الاستشعار الهائل للتغير المناخي جليّة في السهول الجرداء في القطب الشمالي، والغابات المطيرة الشمالية والاستوائية، ومناطق الألب، ومناطق السهوب والمروج بوسط آسيا وشمال وجنوب أمريكا، وغابة كاتينجا ـ التي تتساقط أوراق أشجارها في وقت معين سنويًّا ـ بجنوب شرق أمريكا، والمناطق الشرقية بأستراليا.

Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability

A Seddon *et al*

doi: 10.1038/nature16986

الشكل أعلاه | مؤشر حساسية الغطاء النباتي. حساسية إنتاجية الغطاء النباتي (المعرَّف بمؤشر الغطاء النباتي المحسَّن EVI) للتقلب المناخي (القائم على درجة الحرارة، ووفرة المياه، وتكاثر السُّحُب). يتراوح المؤشر بين 0 (حساسية منخفضة، أخضر) إلى 100 (حساسية مرتفعة، أحمر). المناطق ذات الأراضي القاحلة المهيمنة (متوسط مؤشر الغطاء النباتي المحسَّن > 0.1 لجميع الشهور) وتم عرض الجليد الدائم بالرمادي. تم تلوين خرائط الأراضي الرطبة، كما تم تحديدها بواسطة قاعدة بيانات البحيرات العالمية والأراضي الرطبة باللون الأزرق. دقة الفصل، 5 كم؛ الفترة، 2000-2013. تم تعديل الخطوط القارية من ملف أشكال باستخدام برنامج ArcGIS 10.2 (http://www.arcgis.com/home/item. Html?id=a3cb20785 5b348a297ab85261743351d) برمجيات ArcGIS وArcMap ملكية فكرية لشركة Esri، ويتم استخدامها هنا بتصريح منها.

علم الأمراض

الربط بين أمراض الكبد والسرطان

يُعَدّ مرض الكبد الدهني غير الكحولي "NAFLD" واحدًا من الأسباب الأكثر شيوعًا للإصابة بمرض الكبد المزمن، كما يُعتبر علامة على استعداد أيضي مسبق للإصابة بسرطان الكبد. وقد أظهر تيم جريتين وزملاؤه ـ من خلال دراسة نماذج الفأر، وعيِّنات من المرضى الذين يعانون من مرض الكبد الدهني غير الكحولي، والفئات الضابطة من الأصحاء ـ أن المرض يعزِّز سرطان الكبد، عن طريق توليد حمض اللينوليك، وتعطيل وظيفة الميتوكوندريا، والفقدان الانتقائي للخلايا التائية $CD4^+$؛ مما يؤدي إلى إضعاف المناعة المضادة للورم.

NAFLD causes selective $CD4^+$ T lymphocyte loss and promotes hepatocarcinogenesis

C Ma *et al*

doi: 10.1038/nature16969

علم الحيوان

إشارات تجديد الأطراف عند السمندل

يمتلك حيوان السمندل المكسيكي (*Ambystoma mexicanum*) قدرة استثنائية على تجديد أعضاء جسمه المفقودة، لكنّ طبيعة الإشارات التي تقود الاستجابة التكاثرية الأولية ـ التي تسبق تشكيل البلاستيما (وهي أرومة التجديد لمجموعة الخلايا الأولية للكائن الحي)، والتي تستجيب للإشارات المستمدة من العصب ـ لم تكن واضحة. وقد حدَّدت إيلي تاناكا وزملاؤها مؤخرًا بروتينا مفرزًا - بروتين

شبيه بماركس MARCKS، أو MLP ـ يستحث استجابة دورة الخلية الأولية بعد الإصابة، وهو ضروري لتجديد الأطراف. ولم تُحَدَّد بعد الكيفية التي يتم بها تسليم بروتين MLP خارج الخلية، أو بين الخلايا، وسيكون من المثير للاهتمام معرفة ما إذا كانت جينات بروتين MLP للأسلاف المتماثلة للسمندل مسؤولة هي الأخرى عن عملية تجديد الأطراف، أم لا.

MARCKS-like protein is an initiating molecule in axolotl appendage regeneration

T Sugiura *et al*

doi: 10.1038/nature16974

تطور

الجنس يزيد من كفاءة آليّة الانتقاء الطبيعي

يظل بيانُ سبب شيوع آليّة التكاثر الجنسي بين الأنواع ـ على الرغم من طبيعته المكلفة ـ أمرًا غير معروف في علم الأحياء التطوري. وتشير دراسات تجريبية ونظرية إلى آليّات سببيّة مختلفة، مثل اختزال التداخل النسيلي، والقدرة على اختزال السفر التطفلي للطفرات الضارة. وقد استطاع مايكل ديساي وزملاؤه ـ من خلال استخدام التطور التجريبي للخميرة المقارنة ـ *Saccharomyces cerevisiae* بين ديناميّات مستوى التتابع للتكيف في العشائر التي تتكاثر بشكل جنسي، أو غير جنسي. وقد وجدوا أن التكاثر الجنسي يزيد من اللياقة البدنية، عن طريق الحد من التداخل النسيلي بين الطفرات المفيدة، ويغير نوعًا من الطفرات التي يتم إصلاحها من خلال الانتقاء الطبيعي. وتُعتبر النتيجة النهائية التي تَوَصَّل إليها الباحثون هي أن التكاثر الجنسي يسرع من وتيرة التكيف، ويسمح لآلية الانتقاء الطبيعي الاختيار ما بين الطفرات المفيدة، والطفرات الضارة، بشكل أكثر كفاءة.

Sex speeds adaptation by altering the dynamics of molecular evolution

M McDonald *et al*

doi: 10.1038/nature17143

كيمياء

ثاني أكسيد الكربون.. كمادة كيميائية

تُعتبر فكرة استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون المسبِّب للاحتباس الحراري كمصدر للمواد الكيميائية الوسيطة فكرةً جذابة، ولكن عادة ما تكون غير عملية، فعلى الرغم من أنه يتفاعل بسهولة مع مُحِبّ للنواة، مرتكز على الكربون، فإن توليد مُحِبّ للنواة يتطلب مدخلات عالية الطاقة. وقد أثبت آنينديا بانيرجي وزملاؤها مؤخرًا ـ عن طريق محاكاة إنزيم "روبيسكو" RuBisCO الذى يحفز تثبيت الكربون في النباتات ـ أن الأملاح المنصهرة، التي تحتوي على الفلزات القلوية في درجات الحرارة المتوسطة تمكِّن عملية إضافة مجموعة الكربوكسيل الفعالة المعززة بالكربونات لروابط C-H الحمضية الضعيفة جدًّا. وتتجلى إمكانات هذه العملية الكيميائية من خلال تحويل حمض -2فورويك ـ وهو مصنوع بسهولة من الكتلة الحيوية غير الصالحة للأكل ـ إلى مواد وسيطة مفيدة، قائمة على أساس حيوي من حمض فوران-2،5-ثنائي الكربوكسيل.

C arbon dioxide utilization via carbonate-promoted C–H carboxylation

A Banerjee *et al*

doi: 10.1038/nature17185

مسار جديد لمشتقات بيبيريدين النشطة

تم العثور على المواد غير المتجانسة المشبعة المحتوية على النيتروجين في عديد من المستحضرات الصيدلانية. وتصف هذه الورقة البحثية نهجًا جديدًا للتلاعب الانتقائي بروابط C-H للأمينات الأليفاتية الحلقية في المواقع النائية للنيتروجين، التي توفر مسارًا مريحًا لبيبيريدينات أريل-4 من نوى البيبيريدين البسيط. تُوجَد البيبيريدينات في كل مكان.. في المستحضرات الصيدلانية والمواد الكيميائية الزراعية، والمنتجات الطبيعية شبه القلوية، مع بيبيريدينات تحمل بدائل أريل عند الموضع-4 الشائع خصوصًا في الجزيئات النشطة بيولوجيًّا. وقد تم التحقق من الطريقة بتخليق مشتقات جديدة للعديد من الجزيئات النشطة بيولوجيًّا، بما في ذلك الدواء المضاد للتدخين، الفارينيكلين.

Palladium-catalysed transannular C–H functionalization of alicyclic amines

J Topczewski *et al*

doi: 10.1038/nature16957

علم النبات

توصيف القناة ثنائية المسام AtTPC1

تَكشِف البِنْيَة البلورية بالأشعة السينية للقناة ثنائية المسام (AtTPC1) من نبات *Arabidopsis thaliana* عن بِنْيَة قناة أيونية انتقائية للأيونات الموجبة، وآليّة فتحها وغلقها، تلك الأيونات التي تنتشر في عضيّات الخلايا الحيوانية والنباتية. يتم تنشيط القناة ثنائية المسام AtTPC1 بكل من فَرْق الجهد الكهربائي، وأيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) في العصارية الخلوية. ويمكن تثبيط نشاط فَرْق الجهد الكهربائي بواسطة أيونات الكالسيوم داخل العضيّات. حَدَّد يوكسينج جيانج وزملاؤه البِنْيَة البلورية للقناة ثنائية المسام AtTPC1 عند استبانة 3.3 أنجستروم؛ ووجدوا ـ كما هو متوقَّع ـ أن وحدتين فرعيّتين للقناة ثنائية المسام AtTPC1 شكّلتا القناة الوظيفية. وأورد ألكسندر كينتزير، وروبرت ستراود البِنْيَة البلورية للقناة ثنائية المسام AtTPC1 عند استبانة 2.87 أنجستروم، وكشفا عن آليّات التغلغل الأيوني، وتثبيط نشاط القناة، وموضع المواقع التنظيمية، ومجالات استشعار الجهد الكهربي.

Structure of the voltage-gated two-pore channel TPC1 from *Arabidopsis thaliana*

J Guo *et al*

doi: 10.1038/nature16446

Structure, inhibition and regulation of two-pore channel TPC1 from *Arabidopsis thaliana*

A Kintzer *et al*

doi: 10.1038/nature17194

مستقبلات أنبوب اللقاح المتعددة

يفرز النبات المشيجي في النباتات الزهرية ببتيدات جاذبة كيميائيًّا؛ لتوجيه نمو أنبوب اللقاح، بحيث تسلِّم اللقاح غير المتحرك إلى النبات المشيجي الأنثوي مغلق البويضة. وقد أوردت ورقتان بحثيّتان نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* تحديد مستقبِلات سطح الخلية الذكرية لواحد من هذه العناصر الجاذبة للإناث، LURE1، في نموذج نبات *Arabidopsis thaliana*. وقد أظهر وي تساي يانج وزملاؤه أن LURE1 يتم استشعاره من قِبَل مركّب كينيز الشبيه بالمستقبِل -MPS1 MIKU. وأورد تيتسويا هيجاشياما، وهيدينوري تاكيوتشي أن مستقبِلًا خاصًّا بحبوب اللقاح يشبه كينيز 6 (PRK6) مطلوب لاستشعار LURE1، إضافة إلى مستقبِلات عائلة PRK الأخرى التي يعمل معها. ويُظْهِر كلا الفريقين أن هندسة أنابيب اللقاح في النوع *Capsella rubella* للتعبير عن مكوِّن من مستقبِل *A. thaliana* ـ إمّا MDIS1، أو PRK6 - تكسر جزئيًّا حاجز التكاثر بين النوعين.

A receptor heteromer mediates the male perception of female attractants in plants

T Wang *et al*

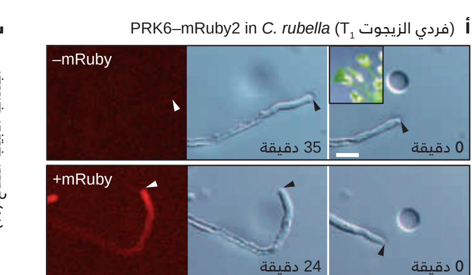
doi: 10.1038/nature16975

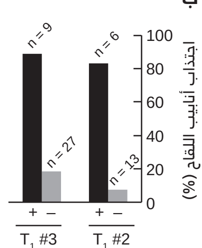
Tip-localized receptors control pollen tube growth and LURE sensing in *Arabidopsis*

H Takeuchi *et al*

doi: 10.1038/nature17413

الشكل أسفله | يمنح PRK6 القدرة على الاستجابة للببتيد AtLURE1 على حبوب لقاح *Capsella*. أ، ب، فحص أنابيب حبوب لقاح *C. rubella* بواسطة حبات AtLURE1.2 (النجمة). في أنابيب حبوب اللقاح من فردي الزيجوت T1 لنباتات *C. rubella*، أنابيب حبوب اللقاح من النوع البري (الصور العليا في **أ**؛ '-' في **ب**) لم تستجب لـAtLURE1، بينما أنابيب اللقاح التي تحتوي على PRK6–mRuby2 (الصور السفلى في **أ**؛ '+' في **ب**) لم تستجب. رؤوس الأسهم تشير إلى قمم (أطراف) أنابيب حبوب اللقاح. البيانات ممثلة لـ12 صورة، أو 9 صور لـ mRuby– أو mRuby+، على التوالي. مقياس البار، 20 ميكرومترًا.







غلاف عدد 17 مارس 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 17 مارس من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

فلك

بلازما إلكترون-بوزيترون بنجم زائف

إنّ رَصْد انبعاث لأشعة جاما من النجم الزائف المجهري سيجني V404 أثناء نشاط اشتعالي قوي حديث، نتج عنه انبعاث طيفي، بلغ حوالي 511 كيلو إلكترون فولت، وهو توقيع واضح للفَناء البوزيتروني الذي يحدث عند اصطدام إلكترون وبوزيترون. وتم البحث عن خط الفناء 511 ك. إ. ف. لفترة طويلة بأطياف انبعاث النجوم الزائفة المجهرية، كدليل على بلازما الإلكترون-بوزيترون، وهو التركيب الذي تم التنبؤ به لنفثات البلازما المنبعثة بالقرب من سرعة الضوء من مكونات النجم الزائف المجهري، وهو ثقب أسود نجميّ الكتلة، يقوم بمُرَاكَمة المادة من نجم مصاحِب.

Positron annihilation signatures associated with the outburst of the microquasar V404 Cygni

T Siegert *et al*

doi: 10.1038/nature16978

طب تجديدي

استعادة البصر، عن طريق تجديد الخلايا

إن طريقة العلاج الوحيدة المتاحة حاليًّا لمرض إعتام عدسة العين ـ السبب الرئيس للعمى ـ هي استخراج العدسة التالفة جراحيًّا، وزرع عدسة اصطناعية داخل مُقْلة العين، لكن هذه التقنية لها ما يقيِّدها، ويحدّ من فاعليتها، ولذلك.. فهناك اهتمام مُنْصَبّ نحو البحث عن طريقة بديلة من خلال الطب التجديدي. وقد أوردت دراستان ـ نُشرتا مؤخرًا في دورية *Nature* ـ التطورات التي توصَّل إليها مجال الطب، والتي قد تقرِّب من تحقيق هذا الهدف، حيث عزل كانج تشانج وزملاؤه في أحد الدراستين خلايا السلف/الجذعية الظهارية لعدسة الثدييات، وأظهروا أن الجينين *Pax6*، و*Bmi1* مطلوبان من أجل تجديدها. كما أنهم طوَّروا إجراء إزالة للأنسجة المتضررة من إعتام عدسة العين، التي تحافظ على هذه الخلايا، ونجحوا في تجديد عدسة العين في الأرانب، وفي قرود المكاك، وفي الأطفال الرضع المصابين بالمرض. أما في الدراسة الثانية، فقد وصف كوجي نيشيدا وزملاؤه بروتوكولًا لتوليد المناطق الأديمية الظاهرية المتعددة، والمستقلة، والمتشكلة ذاتيًّا "SEAM" من الخلايا الجذعية المستحثة، متعددة القدرات البشرية. وتشمل هذه المناطق أنساقًا خلوية متميزة من الأديم الظاهر لسطح العين، والعدسة، والشبكة العصبية، والظهارة الصبغية لشبكية العين. وقد ركَّزت التجارب السابقة بشكل رئيس على الحصول على نوع واحد من الخلايا، لكن ما توصَّل إليه الباحثون أثبت قدرة الخلايا من المناطق المتعددة على تشكيل ظهارة قرنية فعّالة وظيفيًّا عند زرْعها في نموذج حيوان مصاب بالعمى.

Lens regeneration using endogenous stem cells with gain of visual function

H Lin *et al*

doi: 10.1038/nature17181

Co-ordinated ocular development from human iPS cells and recovery of corneal function

R Hayashi *et al*

doi: 10.1038/nature17000

هندسة نانوية

هندسة الطَّوْر البلوري لموصِّل فائق

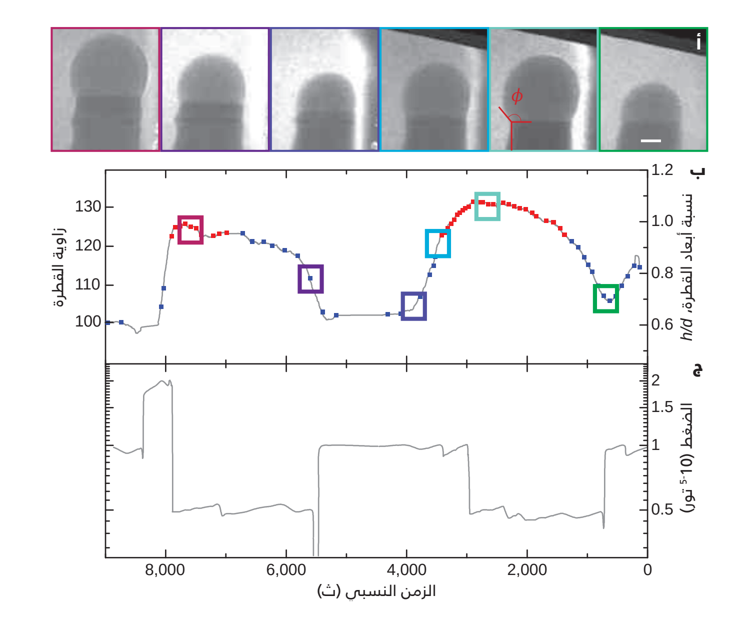
أُجري رَصْد طيفي إلكتروني تفصيلي للغاية لأسلاك زرنيخ الجاليوم (GaAs) النانوية في حالة النمو والتحول بين طورين بلوريَّين، حيث يُعْرَض كل من طَوْر كبريتيد الزنك الجسيم المستقر، والفورتسيت wurtzite فائق الاستقرار. وتكشف الصور الناتجة عن أن هندسة القطرة التي تعلو السلك النانوي النامي عبر هياكل الحواف الجانبية للسلك النانوي هي ما يحكم أي طَوْر سيتم انتقاؤه. وتُعَدّ هذه الدراسة إنجازًا بارعًا، بل وقد تؤدي إلى سيطرة طَوْرية دقيقة بالأسلاك النانوية، وهو ما يُعَدّ تقدمًا كبيرًا في اتجاه تحقيق بعض التطبيقات في مجالات البصريات الكمية، والإلكترونيات النانوية.

Interface dynamics and crystal phase switching in GaAs nanowires

D Jacobsson *et al*

doi: 10.1038/nature17148

الشكل أسفله | التغير بحجم القطرة أثناء التبدل الطَّوْري. أ، متسلسلة من صور المجال الساطع، تم الحصول عليها أثناء نمو سلك GaAs النانوي عند ضغط AsH_3 متباين، وضغط TMGa ثابت (2×10^{-8} تور) ودرجة حرارة ثابتة (550 درجة مئوية). شريط المقياس 10 نانومترات. **ب**، تم تعريف نسبة أبعاد القطرة h/d والزاوية φ بـ (أ). تم توضيح أزمنة الصور بـ (أ) عن طريق المربعات الملونة. يأخذ حجم القطرة عدة دقائق للاستجابة للتغير في الحجم. تم توضيح الطور البلوري بواسطة مربعات زرقاء (WZ) وحمراء (ZB). يسم كل مربع أحمر وقوع اقتطاع بالوجه العلوي وتنوي طبقة ZB الثنائية. يسم كل مربع أزرق تحديد نمو WZ عبر التدفق المرحلي. **ج**، تباين ضغط AsH3 عبر الزمن.



علوم بحار

تحمُّض المحيط يهدد الشِّعاب المرجانية

تحمُّض المحيط هو واحد من عدة عوامل، من المتوقع أن تهدِّد الأنظمة البيئية للشِّعاب المرجانية، ولكن فصل تأثيراتها عن العوامل الأخرى ـ كدرجة الحرارة ـ أمر عسير. استخدم هؤلاء الباحثون تجربة تلاعبية، حيث تمت إضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى مياه البحر المتدفق على مجتمع شعاب مرجانية طبيعية بالموقع. وحين تمت استعادة كيمياء المحيط إلى درجة تقترب من ظروف ما قبل الثورة الصناعية؛ ارتفع صافي تكلُّس هذا المجتمع. وتشير النتائج إلى أن معدلات التكلُّس بالفعل أقل مما كانت عليه فيما قبل أوقات الثورة الصناعية، نتيجة للتحمُّض. وقد تم اقتراح القلوية المتعمَّدة كتقنية هندسة أرضية؛ لفصل تحمُّض المحيط. ويشير هذا العمل إلى أن تلك الطريقة قد تكون فعالة، ولكن فقط على النطاق الصغير بالخلجان المحميّة، أو البحيرات الشاطئية.

Reversal of ocean acidification enhances net coral reef calcification

R Albright *et al*

doi: 10.1038/nature17155

المفترِسات البحرية تصبح فرائس

قامت بورينا راتيال وزملاؤها برسم خرائط حركة وتوزيع، أكثر من أنواع ثديية بحرية، بطريقة متزامنة، بما في ذلك السمك المفترس في هذه الأنواع، وذلك باستخدام مجموعة من الأدلة الموجة السمعية المحيطة السلبية والإيجابية الاستشعارية عن بعد. وتم تسجيل صوت أنواع بحرية ثديية حدباء، وزرقاء، وزعنفية، وأنواع أخرى عبر مساحة تقترب من 100,000 كيلو متر مربع، حيث تتلاقى أسراب الرنجة الكثيفة، وقاموا بتقسيمهم إلى قطاعات مؤقتة متداخلة، ولكنها محددة الأنواع، وهو ما تم الحفاظ عليه لأكثر من أسبوعين. تكشف تلك اللقطة للحياة البحرية كيفية تحرُّك المفترِسات عبر سِرْب ضخم، وملاحظة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

كيفية تباين أنشطة المفترِسات مع حركة النهار والليل. وسوف تزيد النتائج من فهْم السلوك الثديي البحري، وتفيد جهود الحفاظ على البيئة.

Vast assembly of vocal marine mammals from diverse species on fish spawning ground

D Wang *et al*

doi: 10.1038/nature16960

فيزياء

التلاعب بتراصف جزيئات البلورات

تستعرض هذه الورقة البحثية حالة تلاعب بالمحور الحلزوني المصحوب بانقلاب تسليمي لِبِنْيَة فائقة حلزونية ذاتية التنظيم، قابلة للضبط بصريًّا (بلورة سائلة تراصفية الجزيئات) بالأبعاد الثلاثة. وتعتمد التطبيقات العملية للبلورات السائلة الخيطية منعدمة التناظر المرآتي، أو البلورات السائلة تراصفية الجزيئات على تباين طول التموج الخاص بتلك الحلزونات، أو تبدُّل المحور الحلزوني بين الموازي والعمودي على الركيزة. ويتم عادةً تحقيق ذلك من خلال تطبيق مجالات كهربية، أو مغناطيسية. وقد استخدم كوان لي وزملاؤه الضوء كأداة حث في هذه التجربة؛ لإحداث التلاعب. وقد استطاعوا من خلال هذه الطريقة تحقيق نبضة ثلاثية الأبعاد، مدفوعة بالحاجة إلى أنظمة متكاملة معقدة متعددة المكونات، وبناء حيود قابل للتبدل، باستخدام تصميم خلية ثنائية الطبقات.

Three-dimensional control of the helical axis of a chiral nematic liquid crystal by light

Z Zheng *et al*

doi: 10.1038/nature17141

كيمياء حيوية

مَشاهد من التخليق الحيوي للسليلوز

السليلوز هو مركّب خطِّي طويل، عديد السكريات، مصنوع من جزيئات الجلوكوز-D. ويُعتبر السليلوز عنصرًا مهمًّا في جدران الخلايا النباتية، ومادة أولية لإنتاج العديد من أنواع الوقود الحيوي المحتملة. استخدم الباحثون "علم الإنزيمات في حالات البلورة"؛ للحصول على لقطات بنيوية للعديد من الخطوات في دورة التخليق الحيوي للسليلوز، بما في ذلك بِنَى الحالات المقيدة بالركيزة، والمقيدة بالمنتج للبكتيريا. ويضّمّ BCSA-BcsB المقيد بالسليلوز مع الجلوكوز- يوريدين ثنائي الفوسفات (UDP)، أظهروا استطالة البوليمر في البلورة. وتشير البِنَى إلى أن السليلوز ينتقل عبر آلية الزيادة التدريجية، التي تنطوي على حركة أعلى وأسفل حلزون أساسي.

Observing cellulose biosynthesis and membrane translocation in crystallo

J Morgan *et al*

doi: 10.1038/nature16966

الشكل أعلاه | توزيع شبكات الوادي المسباري العتيق والكثافة قبل وبعد الانحراف القطبي الحقيقي TPW. أ، بالإطار المرجعي الحالي. تم توضيح المواضع القطبية القديمة بالألماس، مع الانتشار بخطوط الطول والعرض للحلول المظللة من الأسود (14°) إلى الأحمر (15°)، تبعًا لقيمة متوسط الجذر التربيعي لكل حل. والخط الأبيض المتقطع هو خط الاستواء لما قبل الانحراف القطبي الحقيقي. **ب،** بتركيب ما قبل الانحراف القطبي الحقيقي. شبكات الوادي بإطار حزمة خطوط العرض ±14° والمتمركزة عند 24° شمالا. الخط الأسود المتقطع هو خط الاستواء الحالي.

جيولوجيا

جيولوجيا المريخ المبكرة

بدأ نمو نتوء ثارسيس Tharsis bulge ـ وهو المركز التكتوني البركاني الأضخم على المريخ ـ أثناء الحقبة العتيقة، منذ ما يزيد على 3.7 مليار عام. ولقد كان للنقل الهائل ـ المرتبط بالكتلة والطاقة وتحرُّر المواد المتبخرة من الوشاح الصخري ـ انعكاساته على التطور اللاحق للكوكب. وقد قامت سيلفيا بولي وزملاؤها بحساب الصورة الدورانية للمريخ، وطوبوغرافيته السطحية، قبل منطقة ثارسيس البركانية، التي تسببت في انزياح قطبي حقيقي، وقت تحكُّم فرق الارتفاع بين نصفي الكرة الشمالي والجنوبي في محور الحركة المغزلية للكوكب. وتشير النتائج إلى نمو متأخر نسبيًّا لثيراسيس في الوقت نفسه الذي تم فيه تخليق شبكات الوادي تقريبًا، وهو ما يشير إلى علاقة سببية بين إطلاق الغازات، واستقرار المياه السائلة السطحية.

Late Tharsis formation and implications for early Mars

S Bouley *et al*

doi: 10.1038/nature17171

علم الأعصاب

بِنْيَتا المستقبِل المسكاريني M1 وM4

يَستعرِض آرثر كريستوبولوس وزملاؤه البِنْية البلورية بالأشعة السينية الأولى لمستقبِلات الأسيتيل كولين المسكارينية M1 وM4، وهي المستقبِلات المقترنة ببروتين "جي" GPCRs، التي تنظم العديد من الوظائف الحيوية للجهاز العصبي المركزي والمحيطي. وتكشف البِنَى عن وجود اختلافات في مواقع الربط التفارغية والمقومة التجسيمية، التي تساعد على تفسير انتقاء الأنواع الفرعية للأدوية التي تستهدف هذه العائلة من المستقبِلات. وتُعتبر الأنواع الفرعية لمستقبِل M1، و M4 أهدافًا دوائية محتملة لعلاج الاضطرابات العصبية، مثل مرض الألزهايمر، ومرض الفصام.

Crystal structures of the M1 and M4 muscarinic acetylcholine receptors

D Thal *et al*

doi: 10.1038/nature17188

كيف تنظِّم التجربة التثبيط القشري

لا تزال الآليات التي تؤثر بها التجربة على أنواع مختلفة من الخلايا العصبية المثبطة، والتي تسيطر على العمليات الحسابية المتميزة الواقعة في الدوائر القشرية غير معروفة جيدًا. فقد حدَّد مايكل جرينبرج وزملاؤه برنامجَ تعبير جيني، يعتمد على التجربة في الخلايا العصبية المتوسطة المعبِّرة عن عديد الببتيد المعوي الفعال في الأوعية (أو VIP للقشرة البصرية)، التي تتميز عن أنماط التعبير الملاحظة في الأنواع الفرعية العصبية الأخرى. وقد تم تحديد عامل النمو 1 الشبيه بالإنسولين (IGF-1)، باعتباره جينًا يعتمد على النشاط الذي يوظف الخلية بصورة مستقلة؛ لزيادة المدخلات المثبطة على الخلايا العصبية المتوسطة المعبرة عن عديد الببتيد المعوي الفعال في الأوعية (VIP)، التي تؤثر على توازن تثبيط-الإثارة المتدفق تحتيًّا داخل الدوائر التي تنظم حدة البصر.

Sensory experience regulates cortical inhibition by inducing IGF1 in VIP neurons

A Mardinly *et al*

doi: 10.1038/nature17187

فيزياء كمية

الحالة الكَمِّيَّة في البِتَّات المغناطيسية

تُعتبر الجزيئات المغناطيسية مرشَّحًا مناسبًا لاستخدامه في تصنيع البِتَّات الكمية المغزلية في الحالة الصلبة، التي يمكن بناء حاسوب كَمِّي منها، لكن تكمن المشكلة في أن التفاعلات المغناطيسية بين مثل تلك الجزيئات تؤدي إلى حالة من عدم التماسك، وهو ما نحتاج تجنُّبه؛ للحصول على حاسوب كَمِّي. ويمكن خفض حالة انعدام التماسك، إذا ما تم فصل الجزيئات المغناطيسية جيدًا، ولكن هذا بدوره يحدّ من قدرة البتات الكمية على "التواصل" فيما بينها. ويطرح ستيفن هيل وزملاؤه طريقة للخروج من تلك المعضلة، حيث قاموا بتصميم جزيئاتهم، بحيث تكون ديناميّاتها المغزلية محمية ضد انعدام التماسك المستحث للتفاعلات التي تصيب مثل تلك الأنظمة. ومن ثم يمكن رص الجزيئات الناتجة بتركيزات مرتفعة بشكل غير معتاد، مع الاحتفاظ بأزمنة التماسك الطويلة المرغوب فيها، وهي خطوة في اتجاه أجهزة مفيدة، حيث يمكن أن يُوجد عدد كبير من البِتَّات الكَمِّية على مقربة شديدة.

Enhancing coherence in molecular spin qubits via atomic clock transitions

M Shiddiq *et al*

doi: 10.1038/nature16984

أحياء مجهرية

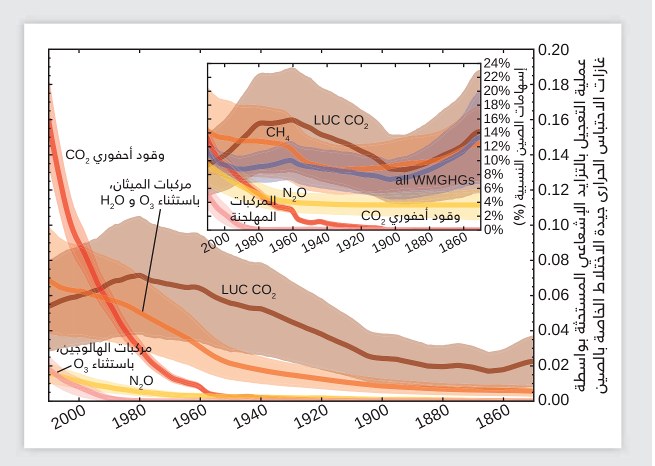
مواصفات الخلية الجرثومية بـpiRNAs

تقمع المركّبات التي تتكون من بروتينات Piwi والأحماض النووية الريبية المتفاعلة معها "piRNAs" نشاطَ العناصر القابلة للنقل في الخلايا الجرثومية. تنتقل الأحماض النووية الريبية "piRNAs" الأمومية إلى بلازما البويضة الجرثومية، وكذلك من جزيئات الحمض النووي الريبي المرسال "mRNAs"، التي تحدد تشكيل الخلايا الجرثومية البدائية. وقد حدَّد زيسيموس موريلاتوس وزملاؤه مؤخرًا كيفية تقييد جزيئات الحمض النووي الريبي المرسال الأمومية داخل البلازما الجرثومية، عبر تفاعلات ازدواج القواعد بين mRNAs وpiRNPs، التي تحتوي على البروتين Aub Piwi. ويبدو أن تفضيل بعض جزيئات الحمض النووي الريبي المرسال للتقييد يجب أن يكون ذا صلة بطولها الأكبر، الذي يوفر المزيد من مواقع التقييد المحتملة لـpiRNAs في مواصفات الخلية الجرثومية، بشكل مستقل عن دورها في قمع القابل للنقل.

Sequence-dependent but not sequence-specific piRNA adhesion traps mRNAs to the germ plasm

A Vourekas *et al*

doi: 10.1038/nature17150



علم المناخ

إسهام الصين في الاحترار العالمي

يُعتقد في معظم الأحيان أن النمو الصناعي السريع هو سبب زيادة تأثير الصين على النظام المناخي، ولكن قيمة التغيير ظلت عسيرة التحديد كميًّا. استخدم بينجانج لي وزملاؤه نماذج كيميائية أرضية حيوية، وغلافًا جويًّا، جنبًا إلى جنب مع مجموعة من قواعد البيانات الرصدية؛ لتوفير تقديرات قطاعية مصحوبة بدرجات من انعدام اليقين. وقد اكتشفوا أن الصين مسؤولة عن حوالي 10% من الارتفاع العالمي في عملية التعجيل بالتزايد الإشعاعي ـ وبشكل أساسي الاحترار الإضافي ـ منذ أوضاع ما قبل الثورة الصناعية. ويُعَدّ ثاني أكسيد الكربون عامل الاحترار المفرد الأضخم، ولكنّ الميثان والكربون الأسود مهمّان أيضًا. يوفر الهباء الكبريتي تأثيرًا معاكسًا قويًّا، ووقد يكون للجهود المبذولة للحدّ من التلوث تأثير على إسهام الصين في التأثير في عملية التعجيل بالتزايد الإشعاعي، ما لم يتم وضع خفض الانبعاثات في الاعتبار.

The contribution of China's emissions to global climate forcing

B Li *et al*

doi: 10.1038/nature17165

الشكل أعلاه | المتسلسلة الزمنية التاريخية لإسهامات الصين المطلقة والنسبية في عملية التعجيل بالتزايد الإشعاعي RF لغازات الاحتباس الحراري جيدة الاختلاط WMGHGs. الخطوط الملونة هي الاقتراح الأفضل لإسهامات الصين المطلقة والنسبية. والمناطق المظللة الملونة هي الانحرافات المعيارية التي تأتي من تقييم حالة عدم اليقين لدينا. تم عرض إسهامات الصين النسبية (الصورة المرفقة) كنسبة مئوية لعملية التعجيل بالتزايد الإشعاعي العالمي لمركّب مفرد، فيما عدا ذلك الخاص بخط "كل غازات الاحتباس الحراري جيدة الاختلاط". تم عرض الإسهامات من 1850 للوضوح، ولكن تم أخذ ما قبل الثورة الصناعية على أن يكون 1750.

انتقال البروتين عبر قناة SecY

إن المسار الإفرازي العام "Sec" للبكتيريا ـ الذي يعتمد على قناة انتقال البروتين ـ مسؤول عن تنقل البروتينات عبر غشاء الخلية البكتيرية. وكانت آليّة إدراج البروتين في القناة غير واضحة، نظرًا إلى عدم وجود بِنًى عالية الدقة للقناة النشطة. وقد أورد توم رابوبورت وزملاؤه مؤخرًا البِنْيَة البلورية لقناة SecY المقيدة بالركيزة، ومركّب SecA ATPase، الذى يلقي بالضوء على عملية انتقال البروتين في البكتيريا، بعد عملية الترجمة من المنظور الجزيئي.

Crystal structure of a substrate-engaged SecY protein-translocation channel

L Li *et al*

doi: 10.1038/nature17163

علم الفيروسات

عقار فعّال ضد فيروس الإيبولا

أورَد توماس سيلار وزملاؤه اكتشاف عقار مكون من جزيء صغير "GS-5734"، ثبت نشاطه المضاد ضد فيروس الإيبولا، كما أنه قادر على توفير الحماية ضده في 100% من قرود المكاك المصابة. ويستهدف العقار في التجارب الإكلينيكية (.http://go.nature com/PEW2Oi) بوليميرز الحمض النووي الريبي المعتمِد على الحمض النووي الريبي الفيروسي، كما أنه قادر على الانتشار في المواقع الأكثر أمانًا لتضاعف الفيروس، ومنها الخصيتان، والعينان، والدماغ، وهو ما قد يبشر بقدرته على القضاء على عدوى الفيروس المتجددة والمستمرة.

Therapeutic efficacy of the small molecule GS-5734 against Ebola virus in rhesus monkeys

T Warren *et al*

doi: 10.1038/nature17180

عامل تقييد المضيف لالتهاب الكبد "ب"

مِن المعروف أن التعبير عن بروتين "إكس" لفيروس التهاب الكبد "ب" HBx ينشط عملية النسخ من إبيسوم الحمض النووي الفيروسي. ويبين مايكل سترويين وزملاؤه أن بروتين HBx يحقق ذلك عن طريق اختطاف آليات الإيكويتين للمضيف؛ من أجل استهداف مركّب 6/Smc5، الذي له دور كبير في عملية تنظيم الكروموسومات؛ من أجل انحلالها. كما تبيَّنوا أن مركّب 6/Smc5 يعمل كعامل تقييد، حيث يقيد بالجينوم الفيروسي؛ لمنع نسخه. ويقترح هذا العمل أهدافًا جديدة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

للتدخل العلاجي ضد عدوى فيروس التهاب الكبد "ب"، ويثير احتمال إمكانية تقييد فيروسات الحمض النووي الأخرى بالمركّب Smc5/6.

Hepatitis B virus X protein identifies the Smc5/6 complex as a host restriction factor

A Decorsière *et al*

doi: 10.1038/nature17170



غلاف عدد 24 مارس 2016

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 24 مارس من دَوْرِيَّة "*Nature*" الدولية.

علوم بحار

العاثية البحرية لا تزعج أحدًا

يمكن للعاثية الشرسة أن تتحكم في وفرة مضيفاتها الميكروبية بطريقة قائمة على الكثافة، من خلال ديناميات افتراس من نمط "اقتل الفائز". ومن المفترض ـ على نطاق واسع ـ أن العاثيات الشرسة تنتشر في البيئات الغنية بالمغذيات، وذات وجود كثيف من الكائنات المضيفة، وأن العاثيات التي تندمج في جسد المضيف، عوضًا عن تحليله، تميل إلى الانتشار حينما تقل أعداد الكائنات المضيفة. ويتحدى هذا التحليل الفائق لأربعة وعشرين من فيرومات الشِّعاب المرجانية وجهة النظر تلك، حيث يكتشف بين نولز وزملاؤه أن الاستذابة أهم من التحليل في ظل الكثافات العالية. ويتفق الباحثون على إطلاق تسمية "ظهر الخنزير الفائز" لهذا النموذج، ويبرهنون على أن ذلك يتسق مع ديناميات المفترس-الفريسة بنطاق من الأنظمة البيئية الأخرى، التي تشمل أنظمة الحيوانات المرتبطة، وأنظمة الرواسب، والتربة.

Lytic to temperate switching of viral communities

B Knowles *et al*

doi: 10.1038/nature17193

كيمياء

التبادل المزدوج الحفزي للأوليفين

تُعَدّ الأوليفينات وبديل الهاليد دعامة أساسية في الكيمياء التوليفية، ولكن تم تقليص نطاق التوليف الفراغي الانتقائي الفعال لهاليدات الألكينيل غير الحلقية، وهي فئة من القواسم المشتركة التي تشمل العديد من المنتجات الطبيعية النشطة حيويًّا. ويستعرض آمير هوفيدا وزملاؤه أن أنواع ألكيليدين الموليبيدنيوم المستبدل حاليًّا، وغير المعروف في السابق، تتفاعل بطريقة استثنائية، ويمكن أن تشارك بتفاعلات التبادل المزدوج للأوليفين ذي العائد المرتفع، التي تقوم بإنتاج هاليدات الألكينيل– Z ثنائية الاستبدال 1،2 غير الحلقية. ويمكن تحديد عائد العديد من كلوريدات الألكينيل والبروميدات والفلوريدات لما يصل إلى 91%.

Direct synthesis of Z-alkenyl halides through catalytic cross-metathesis

M Koh *et al*

doi: 10.1038/nature17396

فلك

تعجيل الجسيمات في مركز المَجَرَّة

تعود هذه الورقة البحثية إلى منشأة HESS (المنظومة المجسمة للطاقة المرتفعة)، التي تقدم ترصُّدًا لأشعة جاما عميقة، بدقة فصل زاوية في نطاق الدقيقة القوسية لمناطق المركز المجرِّي، التي تُظْهِر تقصِّي وجود جسيمات معجلة إلى طاقات تبلغ ـ على الأقل ـ بضعًا من البيتا إلكترون فولت (1 ب. إ. ف. = 10^{15} إلكترون فولت) بإطار العشر ثوان الفرسخية النجمية المركزية من مجرَّتنا. يتسق هذا مع ترصُّد سابق للأشعة الكونية المجرية البيتا إلكترون فولتية، التي تتطلب وجود مصدر قادر على تعجيل جسيمات إلى مثل تلك الطاقات المتطرفة. ويرى الباحثون أن هذا المصدر هو الثقب الأسود هائل الكتلة "سينتاريوس A*". وعلى الرغم من أن المعدل الحالي لتسريع الجسيمات الناتج عن سينتاريوس A* غير كاف لتوفير إسهام كبير في الأشعة الكونية المجرِّية، إلا أنه ربما كان أكثر نشاطًا في الماضي.

Acceleration of petaelectronvolt protons in the Galactic Centre

A Abramowski *et al*

doi: 10.1038/nature17147

علم الأرض

الانصهار السطحي في منظومة نموذجية

عندما تنصهر بلورة، فهي عادة ما تنصهر من السطح، حيث تبدأ بتكوين طبقات سطحية "سابقة الانصهار" شبه سائلة عند درجة حرارة أقل بقليل من درجة الانصهار. تقصَّى بيلونج هان وزملاؤه السلوك الانصهاري لبلّورتين تصادميّتين، وهي أنظمة نموذجية يمكن تتبُّع ديناميّاتها عند مستوى الجسيم المفرد، ثنائيَّتي الأبعاد (أحادية، وثنائية، وثلاثية الطبقات)، وذلك كمجهود مقدَّم لفَهْم تفاصيل آلية تلك العملية، وقد لاحظوا تنوعًا لظواهر ما قبل الانصهار السطحي والانصهاري الكلي، والتحول الطَّوْري الصلب، وهو التداخل الذي يتحدى نظريات مرحلتَي الانصهار، وما قبله.

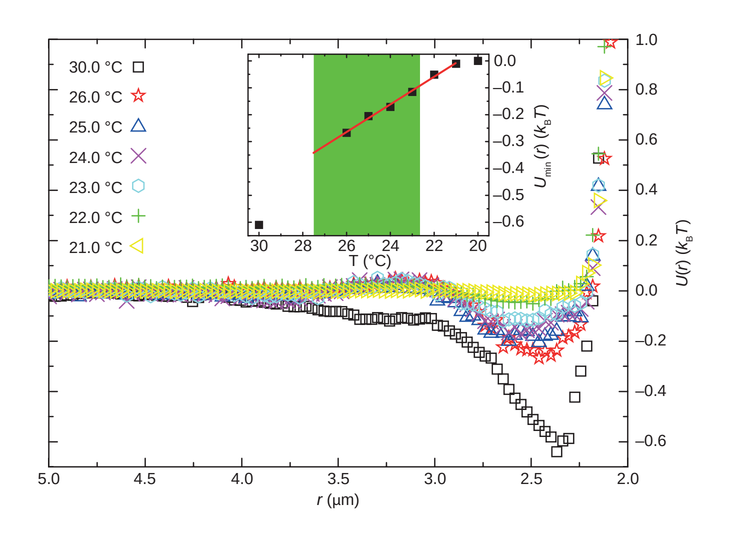
Modes of surface premelting in colloidal crystals composed of attractive particles

B Li *et al*

doi: 10.1038/nature16987

الشكل أسفله | الجهود الزوجية لكرات PMMA ذات قطر 2.02 ميكرومتر تم قياسها من بِنَى سائلة أحادية الطبقة.

تم عرض الجهود الزوجية (Ur) كدالة في المسافة بين الجسيمة r لمختلف درجات الحرارة، كما هو موضح. الصورة المرفقة، تناقصت شدة التجاذب (U_{min})r بطريقة خطية (الخط الأحمر) في منطقة درجة الحرارة المظللة بالأخضر، التي تعود إلى درجات الحرارة التي تم استخدامها في تجربة ما قبل الانصهار. تم استخدام (U_{min})r لتحديد درجة الحرارة الفعالة $(k_BT/|U_{min})$r|، لأن درجة الحرارة المطلقة T ثابتة تقريبًا أثناء ما قبل الانصهار (حوالي 300 كلفن).



جيولوجيا

الانحراف القطبي على سطح القمر

يبيِّن ماثيو سيجلر وزملاؤه أن مخزون الهيدروجين القطبي المكتشَف على القمر بواسطة التحليل الطيفي النيوتروني المداري يشكل لغزًا، حيث لا يتوافق التوزيع المكاني للهيدروجين ـ الذي يُعتقد أنه ينشأ عن وجود الجليد المائي ـ مع ما هو متوقَّع من درجات الحرارة القمرية للأيام الحالية. وقد يكون تفسير ذلك من خلال الظاهرة المعروفة باسم "الإرسال القطبي الحقيقي طويل المدى"، حيث تدور نقطة مرجعية على جسم صلب حسب محورها المغزلي. يرى الباحثون ـ اعتماداً على تحليل مواضع المخزون، القطبي وعلى الهيئة القمرية ـ أن هذا الحيود يحدث كنتيجة لتغيرات عزم القصور الذاتي الخاص بالقمر، الناتج عن شذوذ حراري منخفض الكثافة، أسفل منطقة البروسيلاروم Procellarum.

كانت منطقة البروسيلاروم هي المنطقة الأكثر نشاطًا جيولوجيًّا في التاريخ القمري منذ وقت مبكر، مما يعني أن الإرسال القطبي نشأ منذ مليارات الأعوام، وأن جزءًا كبيرًا من الهيدروجين القطبي الذي تم قياسه هو هيدروجين غابر، مما يسجل الوصول المبكر للمياه إلى المنظومة الشمسية الداخلية.

Lunar true polar wander inferred from polar hydrogen

M Siegler *et al*

doi: 10.1038/nature17166

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الأورام

جينات منخرطة في تكوُّن الأورام

إن فقدان الجين الكابت للورم *TP53* هو ـ في كثير من الأحيان ـ عملية من خطوتين، وتنطوي على طفرة موضعية في أليل واحد، وحالة حذف كروموسومي في الآخر. وتتبط هذه الأحداث نشاط p53 بوضوح. وقد أثبت سكوت لوي وزملاؤه في نموذج الفأر المدروس أن حذف الجينات الأخرى بخلاف جين *TP53* يسهم أيضًا في تطور السرطان في نموذج الفأر. كما يشير التحليل الجينومي وتوصيف التعبير الجيني إلى أن آثار تكوُّن الأورام الناجمة عن حذف كروموسوم 17p تعكس الأثر المشترك لفقدان جين *TP53*، والجرعة المخفضة للجينات الكابتة للورم المرتبطة.

Deletions linked to *TP53* loss drive cancer through p53-independent mechanisms

Y Liu *et al*

doi: 10.1038/nature17157

الاستجابة المناعية الأوَّليّة للنقيلة

يُعتبر التفاعل بين الورم والجهاز المناعي للمريض خلال الدقائق والساعات الأولى من نقيلة الرئة نقطة حرجة في مسار تطور السرطان. وتتبع هذه الدراسة مصير توزيع خلايا الأورام بواسطة التصوير داخل جسم الكائن الحي. وقد تَبَيَّن أن جسيمات ميكروية مشتقة من الورم تهاجر على طول الأوعية الدموية في الرئة، يُتناوَل معظمها بواسطة خلايا الدم النخاعي البينية، وهي العملية التي تسهم في الانتشار النقيلي. كما تبتلع الخلايا التغضنية التقليدية مجموعة فرعية صغيرة من الجزيئات، وهو ما يُعتقَد أنه يسهم في بدء الاستجابة المناعية المضادة للورم في تصريف الغدد الليمفاوية.

Visualization of immediate immune responses to pioneer metastatic cells in the lung

M Headley *et al*

doi: 10.1038/nature16985

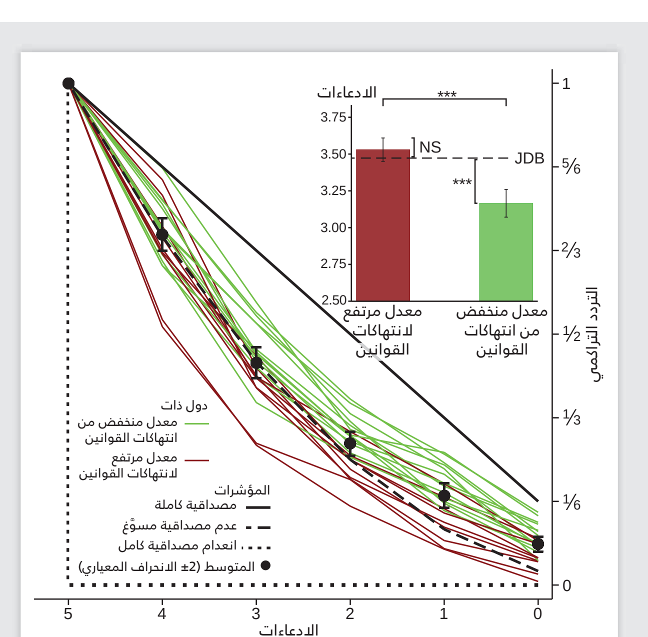
حمض نووي ريبي مكوِّن للأورام

يوجد الجين المكون للورم *MITF* في منطقة 3p14-3p13 من كروموسوم 3، الذي يتم تضخيمه في الميلانوما ـ سرطان الخلايا الصبغية ـ المرتبطة بسوء التشخيص. وتبيِّن هذه الدراسة أن الحمض النووي الريبي غير المرمز الطويل *SAMMSON* يكمن أيضًا في هذه المنطقة، ويُكتسب بالمشاركة مع *MITF*. ويتفاعل *SAMMSON* مع p32، وبالتالي يؤثر على وظيفة الميتوكوندريا بطريقة شبيهة بطليعة الجين الورمي. ويزيد *SAMMSON* من حساسية خلايا الأورام الميلانينية للعلاجات المستهدفة لـMAPK في الجسم الحي، ونماذج الطُّعم الأجنبي المستمدة من المريض. وتشير هذه النتائج إلى أهمية *SAMMSON* كمؤشر حيوي، قد يكون مفيدًا للأورام الخبيثة، وكهدف علاجي لمكافحة سرطان الجلد.

Melanoma addiction to the long non-coding RNA *SAMMSON*

E Leucci *et al*

doi: 10.1038/nature17161



علم الاجتماع

المصداقية.. كسبيل إلى الخير

المصداقية هي صفة شخصية مهمة في جميع المجتمعات البشرية. وفي المؤسسات الجيدة التي تحدّ من الغش وتواجه الانتهاكات لها أهمية حاسمة لتحقيق الازدهار والتنمية، لكن الخداع سلوك شائع بين كل الكائنات، والبشر ليسوا استثناء من ذلك. فقد اكتشف سيمون جاشتر، وجوناثان شولتز أن المعدلات الوطنية المرتفعة على مؤشر كسر القواعد ترتبط بالمصداقية الشخصية المنخفضة، وذلك من خلال استخدام اختبار سلوكي للمصداقية مع الأشخاص اليافعين في ثلاث وعشرين دولة، حيث يكون الكذب غير قابل للتنبؤ به على المستوى الفردي، ولكنه قابل للاستنباط على المستوى السكاني الجمعي.

Intrinsic honesty and the prevalence of rule violations across societies

S Gächter *et al*

doi: 10.1038/nature17160

الشكل أعلاه | توزيع الزهر وفق نتائج التجربة. الموصوف هو دوال التوزيع التراكمي (CDFs) للكميات المزعومة، مقارنةً بدوال التوزيع التراكمي للمصداقية الكاملة، ونقاط إرشادية لعدم المصداقية المسوغة، وانعدام المصداقية الكامل. تمثل دوال التوزيع التراكمي الخضراء مجموعات موضوعية (n_{low}=14) من الدول التي لديها معدل منخفض من انتهاكات القوانين بشكل أقل من المتوسط (PRV؛ متوسط PRV_{low}=-1.69) وتمثل دوال التوزيع التراكمي الحمراء مجموعات موضوعية (n_{high}=9) من الدول التي لديها معدل مرتفع من انتهاكات القوانين بشكل أعلى من المتوسط (متوسط PRV_{high}=0.78)، وذلك بمجموع 159 دولة. الصورة المرفقة، تم عرض المطالبة المتوسطة (±2 الانحراف المعياري) للعينات من الدول ذات مستوى تحت متوسط من انتهاكات القوانين ("منخفض"، n_{low}=1,211) وفوق متوسط ("مرتفع"، n_{high}=1,357). ***P<0.01، اختبارات t-ثنائية الأوجه؛ غير مهمة P>0.14.JDB ،(NS)، نقطة انعدام المصداقية الإرشادية.

فيزياء

الجرافين على الحافة الخشنة

يُتوقع أن تستخيف شرائط الجرافين النانوية ذات الحواف الزجزاجية أطوارًا حافية مغزلية قائمة على الجرافين، وهو ما يجعلها ملائمة كعناصر لعدد من التطبيقات. ويظل إنتاج شرائط نانوية ذات حواف زجزاجية ـ عوضًا عن تلك ذات الحواف "الشبيهة بالكرسي ذي الذراعين" ـ تحديًا رئيسًا. ويعود ذلك جزئيًّا إلى عدم استقرار مثل تلك التكوينات الحوافية. وتستعرض هذه الورقة البحثية استراتيجية أنيقة لإنتاج شرائط جرافين نانوية ذات حواف زجزاجية، تقوم على ترتيب مدعوم سطحيًّا، وتفاعل الجزيئات المفردة. ويقدم الباحثون أيضًا أدلة على الأطوار ذات الحواف المستقطبة مغزليًّا، التي تم التنبؤ بها، والتي تم الحصول عليها باستخدام تحليل طيفي مسحي.

On-surface synthesis of graphene nanoribbons with zigzag edge topology

P Ruffieux *et al*

doi: 10.1038/nature17151

علم الأعصاب

إنقاذ الذكريات المنسية

يلعب الحصين "قرن آمون" دورًا حاسمًا في الترميز، وثبات المعلومات في الذهن، واسترجاع الذكريات العرضية، التي تكون أول ما يُفقَد في المراحل المبكرة من مرض الألزهايمر. وتبين هذه الدراسة في نماذج الفئران المعدلة وراثيًّا مع

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

لمرض الألزهايمر في المراحل المبكرة أن فقدان الذاكرة يرجع إلى وجود خلل في استرجاع الذاكرة، لا إلى وجود خلل في الترميز. والأهم من ذلك.. أنه يمكن إنقاذ الذكريات "المنسية" بالتنشيط المباشر لخلايا إنجرام التلفيفية المسننة الحصينية، حيث يرتبط فقدان الذاكرة بالاختزال التدريجي لكثافة شوكة خلايا إنجرام التلفيفية المسننة. ويرى الباحثون أن الإنقاذ الانتقائي لخلايا إنجرام التلفيفية المسننة وكثافة شوكتها قد يؤديان إلى استراتيجيات علاجية جديدة؛ لاسترداد الذكريات المفقودة في بداية ظهور أعراض مرض الألزهايمر.

Memory retrieval by activating engram cells in mouse models of early Alzheimer's disease

D Roy *et al*
doi: 10.1038/nature17172

تطور

تناوُل الطعام في الحقبة الباليوليثية

إنّ ظهور الإنسان المنتصب *Homo erectus* قبل حوالي مليوني عام أَوْجَدَ أشباه بشر ذوي أسنان أصغر مما كانت عليه من قبل، مما يعني انخفاض القدرة على تناوُل كمية الغذاء اللازمة للحفاظ على حيوان ضخم. وكثيرًا ما زُعِم بأن تطوير الطهي قلَّص وصَغَّر الأسنان، ولكن الطهي لم يصبح شائعًا إلا منذ حوالي 500,000 عام، فماذا حدث في تلك الأثناء؟ اختبرت كاثرين زينك، ودانييل ليبرمان تأثير أكل اللحوم، وتقنيات إعداد الطعام البسيطة على جهد المضغ، وكفاءة تكسير الطعام بواسطة الفم. وتشير اكتشافاتهما إلى أن ابتلاع اللحم الخام بعد تمام مَضْغه ربما يكون قد صنع الفارق، جنبًا إلى جنب مع استخدام الأدوات الحجرية لطحن المواد النباتية الغنية بالنشا، صعبة الهضم، والقابلة للتخزين.

Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans

K Zink *et al*
doi: 10.1038/nature16990

أشباه النياندرتال في العصر البليستوسيني

يبين هذا التحليل الجيني لأشباه البشر الذين يعودون إلى عصر البليستوسين الوسيط من سيما دي لوس هويسوس في سييرا دي أتابويركا في إسبانيا أنهم كانوا أكثر ارتباطًا بإنسان النياندرتال من ارتباطهم بإنسان الدينيسوفان. ويشير التحليل أيضًا إلى تباعد بين هاتين المجموعتين السكانيتين الأخيرتين، اللتين تعودان إلى ما قبل 430,000 عام. ويشير تقرير سابق ـ قائم على تحليل الجينات الميتوكوندرية من تلك الأنواع ـ إلى علاقة وثيقة بإنسان الدينيسوفان، وهو ما يتناقض مع أدلة أثرية أخرى تشمل سمات شكلية متشابهة مع إنسان النياندرتال، الذي يعود إلى عصر البليستوسين المتأخر.

Nuclear DNA sequences from the Middle Pleistocene Sima de los Huesos hominins

M Meyer *et al*
doi: 10.1038/nature17405

علم المناخ

انتشار الغبار الشمال أفريقي منذ القرن 19

يلقي إنتاج الغبار الهائل من صحاري شمال أفريقيا شبكة واسعة من التأثيرات عبر المنظومة الأرضية، منها ـ على سبيل المثال ـ هطْل الأمطار، والأعاصير المدارية، وإنتاجية غابة الأمازون المطيرة. يشير البحث الجاري حتى اليوم إلى آليات عديدة، كسبب للتباين في إنتاج الغبار، الذي يؤدي إلى ارتباك حول العمليات الأساسية، والتباين الماضي، والتغيرات المستقبلية الممكنة. وبيَّن مؤخرًا أماتو إيفان وزملاؤه أن إنتاج الغبار في شمال أفريقيا متأثر بقوة بأنماط الرياح عبر الصحراء الكبرى، حيث استخدموا سرعات رياح بلغت 10 أمتار فوق سطح الصحراء، بإعادة تحليل الغلاف الجوي؛ لإعادة حساب الإنتاج الغباري حتى 1851؛ واكتشفوا اتجاهًا انحداريًّا في الغبار الأفريقي، مصحوبًا بانبعاثات متزايدة من غازات الاحتباس الحراري.

The past, present and future of African dust

A Evan *et al*
doi: 10.1038/nature17149

الشكل أسفله | الدالة التعامدية التجريبية EOF/المركّب الرئيس PC الثاني الخاص برياح العشرة أمتار بشمال أفريقيا. أ، البنية المكانية للدالة التعامدية الثانية لرياح العشرة أمتار عبر شمال أفريقيا. تمثل الأسهم والظلال الاتجاه والقيمة الخاصة بمتوسط الريح الشهري، على التوالي، التي تم التعبير عنها من حيث سرعة الرياح لكل وحدة انحراف معياري بالمتسلسلة الزمنية للمركّب الرئيس. **ب،** المتسلسلة الزمنية للمركّب الرئيس المصاحبة (رياح العشرة أمتار) ومتسلسلة زمنية للعمق البصري للغبار الذي تم أخذ متوسطه عبر الأطلسي الشمالي الاستوائي (غبار AVHRR). تفسر الدالة (التعامدية التجريبية EOF/المركب الرئيس PC %15) من التباين الكلي في بيانات الرياح السطحية.

أحياء خلوية

بروتين GCN2 يكبت التهاب الأمعاء

تبيِّن هذه الدراسة أن بروتين كينيز المستشعِر للأحماض الأمينية GCN2 يكبت التهاب الأمعاء أثناء انخفاض مستويات الأحماض الأمينية. ويرتبط نقص GCN2 بالحث الضعيف للالتهام الذاتي في الخلايا المانحة للمستضد المعوي والخلايا الظهارية، وزيادة إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية، وزيادة تنشيط الإينفلاماسوم ـ في نموذج الفأر ـ لالتهاب القولون المستحث بديكستران كبريتات الصوديوم DSS.

The amino acid sensor GCN2 controls gut inflammation by inhibiting inflammasome activation

R Ravindran *et al*
doi: 10.1038/nature17186

حماية الكلى بواسطة المنظِّم PGC1a

يَستعرِض سمير باريك وزملاؤه وظيفة منظم النشوء الحيوي في الميتوكوندريا PGC1α، كعامل حماية ضد إصابة الكلى، من خلال تنظيم التخليق الحيوي لثنائي نوكليوتيد النيكوتيناميد، والأدنين NAD. في نموذج الفأر، يزيد منظم النشوء الحيوي في الميتوكوندريا PGC1α تنظيم NAMPT، وهو إنزيم مطلوب للتخليق الحيوي لثنائي نوكليوتيد النيكوتيناميد، والأدنين المؤكسد NAD^+، كما يدفع تجاه التراكم المحلي لناتج تحلل الأحماض الدهنية بيتا هيدروكسي بيوتيرات، وهو ما يؤدي بدوره إلى زيادة إنتاج البروستاجلاندين PGE2 الحامي للكلى. وقد أظهر الباحثون أيضًا كذلك أن المعاملة بنيكوتيناميد "NAM" سلف ثنائي نوكليوتيد النيكوتيناميد والأدنين NAD يمكنه عكس إصابة الكلى الإقفارية الدائمة.

PGC1α drives NAD biosynthesis linking oxidative metabolism to renal protection

M Tran *et al*
doi: 10.1038/nature17184

أحياء مجهرية

كشف بِنْيَة سينسيز متعدد الكيتيد

سينسيز حمض الميكوسيروسيك MAS هو سينسيز متفطر متعدد الكيتيد PKS، مسؤول عن التخليق الحيوي للأحماض الدهنية متفرعة السلسلة C20-C28، وهو مكوِّن رئيس لجدار الخلية المتفطِّرة المتخصصة. يُورِد الباحثون بِنْيَة بلورية هجينًا من سينسيز حمض الميكوسيروسيك MAS من بكتيريا *Mycobacterium smegmatis*. وتتكون أدوية عديدة شائعة الاستخدام إمّا من متعدد الكيتيد الموجود طبيعيًّا، أو من مشتقاته. ويمثل هذا العمل أول نموذج عالي الجودة من وحدة نمطية كاملة لسينسيز متعدد الكيتيد المتفطِّر، ويمكن أن تُستخدم للمساعدة في تشريح وإعادة هندسة إنزيمات سينسيز متعدد الكيتيد المتفطِّر؛ لصناعة متعددات كيتيد جديدة، وغير طبيعية.

Mycocerosic acid synthase exemplifies the architecture of reducing polyketide synthases

D Herbst *et al*

doi: 10.1038/nature16993



غلاف عدد 31 مارس 2016

طالع نصوص الأبحاث فى عدد 31 مارس من دَوْرِيّة "*Nature*" الدولية.

أحياء خلوية

السيطرة على انحلال البروتين داخل الخلايا

يتم التحكم في جزء كبير من عملية انحلال البروتين داخل الخلايا في حقيقيات النوى بواسطة إنزيمات ليجيز اليوبيكويتين رينج-كولن (CRLs). وتختلف بِنْيَة هذه الإنزيمات وركائزها إلى حد كبير، ومع ذلك.. يتم تنظيمها جميعًا بمركّب واحد، هو السيجنالوسوم (CSN) COP9. فما الذي يمكِّن CSN من أن يكون منظِّمًا رئيسًا لإنزيمات CRLs المتنوعة؟ قدَّم نيكولاس توما وزملاؤه البيانات الكيميائية الحيوية ومجهرية إلكترون تبريد العينة لمركّبات CSN-CRL4، التي تكشف آليَّة مستحثة-مناسبة، تنشط CSN فقط في وجود إنزيمات CRL غير مقيَّدة بالركيزة. وحدَّد الباحثون كلًّا من جهتي الاتصال الفريدة، والأقل تخصصًا CSN-CRL.

Cullin–RING ubiquitin E3 ligase regulation by the COP9 signalosome

S Cavadini *et al*

doi: 10.1038/nature17416

فلك

التخليق النووي في المَجَرَّة (ريتيكيولم 2)

تقدِّم مَجَرَّة "ريتيكيولم 2" ـ وهي مَجَرَّة قزمة خافتة، مكتشَفة مؤخرًا في درب التبانة ـ نموذجًا مثاليًّا لدراسة التخليق النووي النجمي، وهي عملية تخليق عناصر أثقل من الهيدروجين، والهليوم، وعناصر وجزيئات أخرى أخف. وقد كانت عملية تشكيل عناصر أثقل من الزنك مثار جدل من حيث عدم التأكد مما إذا كانت تشكل باستمرار في السوبرنوفا، أم في مناسبات نادرة، مثل عمليات اندماج النجم النيوتروني. استخدم ألكسندر جي وزملاؤه التحليل الطيفي عالي الاستبانة؛ لتحديد وفرة العناصر في تسعة نجوم حديثة في مَجَرَّة "ريتيكيولم 2"؛ ووجدوا أن سبعة نجوم ـ من أصل تسعة ـ أظهرت تحسُّنًا قويًّا في عناصر التقاط النيوترونات الثقيلة مع الوفرة التي تتبع نمط عملية التخليق النووي السريعة أعلى الباريوم. والتحسن هو بمثابة عدة نظم من حجم أكبر من الذي يُرَى في المجرّات القزمية الأخرى الخافتة جدًّا، مما يعني أن حدثًا نادرًا واحدًا (فرديًّا) أنتَج مواد عملية التخليق النووي السريعة.

R -process enrichment from a single event in an ancient dwarf galaxy

A Ji *et al*

doi: 10.1038/nature17425

وراثة

بِنْيَة عامل النَّسْخ العام البشري TFIID

تصف هذه الورقة البحثية تفاعل عامل النَّسْخ العام البشري TFIID مع المحفز الأساسي للحمض النووي. ويلعب عامل النسخ العام البشري TFIID دورًا محوريًّا في بدء عملية النسخ المعتمِد على بوليميريز الحمض النووي الريبي الثاني من قِبل تشكُّل مركّب التمهيد للبدء (PIC) عند المحفز. حدَّدت إيفا نوجاليس وزملاؤها بِنْيَة مجهرية إلكترون تبريد العينة باستبانة تحت نانومترية لعامل النسخ العام البشري TFIID المقيَّد بـTFIIA والحمض النووي المحفز الأساسي، كما قدموا إعادة بناء مجهرية إلكترون تبريد العينة لمركّب التمهيد للبدء PIC البشرى المجمع بشكل كامل، يفتقر إلى العوامل المرتبطة بـ(TAFs) وعن طريق إضافة عناصر مشتركة بين بِنْيَة محفز -TFIID TFIID، وبِنْيَة مركّب التمهيد للبدء PIC بدون TAF، اقترح الباحثون نموذجًا بنيويًا لمركّب التمهيد للبدء PIC على أساس TFIID الكامل، واستعرضوا دور TFIID في التعرف على المحفز، وتجميع مركّب التمهيد للبدء، وبدء النسخ.

Structure of promoter-bound TFIID and model of human pre-initiation complex assembly

R Louder *et al*

doi: 10.1038/nature17394

الشكل أسفله | إعادة بناء مركّب TFIID-IIA–SCP من خلال عينة المجهر الإلكتروني المبردة. (أ) إعادة بناء مركّب TFIID-IIA–SCP. يتم عرض متشابه السطوح على اثنتين من العتبات، حيث تكون السفلى شفافة للتعبير عن الكثافات الأضعف. **ب**، إعادة بناء للمحفز المرتبط بلب مركّب TFIID (باستثناء الفص (أ2)). يتم وضع علامة '1 +' للدلالة على TSS، واتجاه النسخ بالسهم. **ج**، منظر عن قرب لوحدة TBP– TFIIA المقيدة بالمحفز، التي تشير إلى مناطق تفاعل TFIID المفترضة لـTFIID.

فيزياء

سطح بلوري نانوي يعزِّز تفاعل الفونون

تلعب الفونونات ـ الاهتزازات الكَمِّيَّة للذرّات ـ دورًا مهمًّا في تحديد خواص المواد الصلبة. وعلى الرغم من الفهم الجيد للمواد البلورية الضخمة، فسلوكها في المواد الصلبة نانوية البِنْيَة مقيَّد بشكل أقل. وقد أبلغت فينيسا وود وزملاؤها عن استقصاء يجمع بين التجريبي والنظري لكيفية تباين الخواص الفونونية الخاصة بأشباه الموصِّلات البلورية النانوية كدالة في حجم البلورة. وقد اكتشفوا اقترانًا قويًّا بشكل غير معتاد بين الفونونات والإلكترونات، أرجعوه إلى الضعف الميكانيكي لأسطح النطاقات البلورية النانوية. تلك التفاعلات المعززة لها دور حاسم في أداء الأجهزة التي تتضمن مواد نانوية شبه موصِّلة ـ كفئات معينة من الخلايا الشمسية، والوصلات الثنائية الباعثة للضوء ـ وتمهِّد الطريق لهندسة مثل تلك الخواص؛ من أجل كفاءة أجهزة محسَّنة في المستقبل.

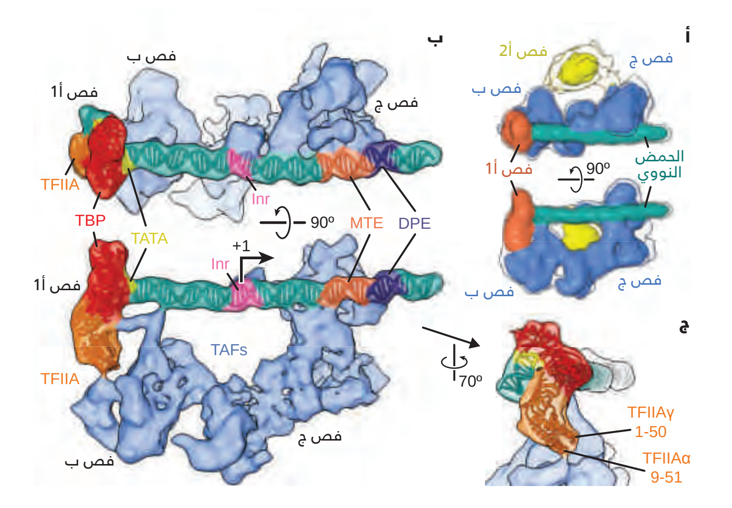
Soft surfaces of nanomaterials enable strong phonon interactions

D Bozyigit *et al*

doi: 10.1038/nature16977

تفاعل ثنائي القطب- ثنائي القطب

إنّ الوصلات الإكسيتونية التي تغطي حاملات لونية متعددة لها دور حاسم في عديد من عمليات نقل الطاقة، والعمليات البصرية. ويمكن فَهْم مثل تلك الوصلات ببساطة عن طريق النظر في التفاعلات بين الجزيئات ثنائية القطب- ثنائية القطب المتماسكة



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المعنية، ولكنْ يمكن أن يظهِر هذا تحديًا في الأنظمة المعقدة. وإلى جانب ذلك.. فإنّ تلك التفاعلات لا يمكن رصدها بطريقة مباشرة عن طريق البصريات التقليدية. وبيَّن مؤخرًا زين-شاو دونج وزملاؤه إمكانية استخدام الإضاءة المستحثة عن طريق الاستثارة الشديدة المحلية، الناجمة عن الاتصال النفقي الخاص بالإلكترونات من طرف مجهر الاتصال النفقي المسحي؛ لرسم خريطة للتوزيع المكاني للوصلة الإكسيتونية بترتيبات جيدة التعريف لجزيئات قليلة من فثالوسيانين الزنك، ورسم خريطة لكيفية اعتمادها على التوجه النسبي وطور ثنائي قطب الانتقال الخاص بالجزيئات الفردية. من المتوقع أن يلقي هذا النهج نظرة مفصلة على بِنَى حصاد الضوء، ومصادر الضوء الجزيئي.

Visualizing coherent intermolecular dipole–dipole coupling in real space

Y Zhang *et al*

doi: 10.1038/nature17428

علم التصنيف

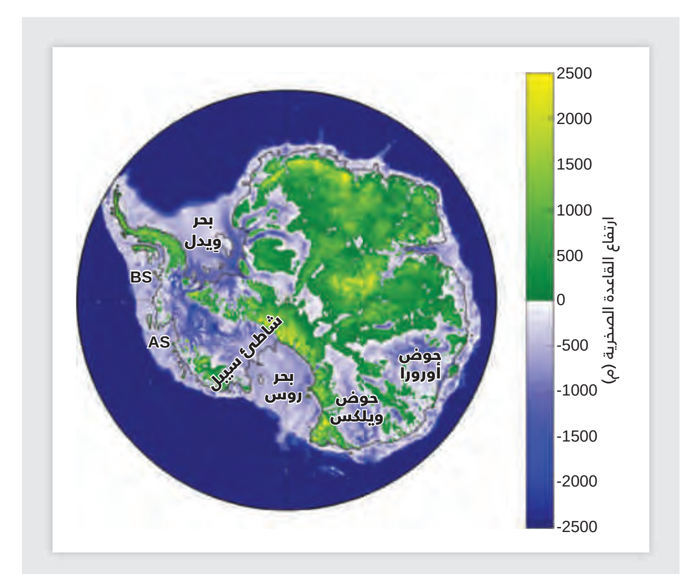
تهيئة الأجواء لتعريف شعبة جديدة

تميل الأَجِنّة في شعبة معينة إلى أن تشبه بعضها البعض بشكل وثيق عند نقطة معينة في منتصف مرحلة التكوين الجنيني. وهذا هو المعروف باسم المرحلة الشعبية "التطابق الشعبي" phylotypic. وقد ثبت أن الأَجِنَّة في هذه المرحلة تميل إلى التعبير عن مجموعة محفوظة من الجينات، تكون أقدم من الناحية التطورية من الجينات التي تم التعبير عنها قبل المرحلة، وبعدها. ومع ذلك.. ينطبق هذا فقط داخل الشعبة، كما أثبت ياناي وزملاؤه في تحليل ترانسكريبتومات من الأجنة الفردية من عشر شُعَب متباينة. وقد اعتُبِرَ في جميع أنحاء المملكة الحيوانية كلها أن النصوص التي تم التعبير عنها في مرحلة التطابق الشُّعَبي تختلف اختلافًا كبيرًا بين الشُّعَب من الكائنات الحية. ويمكن القول إنها تحدد خصائص لشعبة معينة. ويوفر هذا العمل أيضًا تعريفًا عمليًّا للشعبة كمجموعة من الأنواع، لها سلف مشترك، - وتتقاسم الأليات الجزيئية نفسها في مرحلة التطابق الشُّعَبي.

The mid -developmental transition and the evolution of animal body plans

M Levin *et al*

doi: 10.1038/nature16994



علم المناخ

توقُّع ارتفاع مستوى سطح البحر مستقبلًا

استخدم روبرت ديكونتو، وديفيد بولارد نموذجًا عدديًّا محسَّنًا حديثًا لصفيحة جليدية، وتمت معايرته على تقديرات حقبة البليوسين، ومستوى سطح بحر ما بين العصور الجليدية؛ وذلك لتطوير توقعات تطور القارة القطبية الجنوبية عبر القرون الخمسة التالية، مدفوعة بواسطة مجموعة من سيناريوهات غازات الاحتباس الحراري. تبيِّن النمذجة أن الصفيحة الجليدية القطب جنوبية تمتلك القدرة على الإسهام بين أي شيء تقريبًا، والإسهام بما يزيد على متر من ارتفاع مستوى سطح البحر بحلول عام 2100، وأكثر من 15 مترًا بحلول عام 2500. ينشأ التقدير مرتفع الحد بشكل مذهل من انبعاثات بلا انقطاع، وبموجب آليّات لم تكن موضع تقدير في السابق، ألا وهي التكسر الجليدي بواسطة المياه المنصهرة السطحية، وانهيار المنحدرات الجليدية الضخمة. تبيِّن النهاية المنخفضة قدرة سيناريو تخفيف آثار التغير المناخي القوية على اختزال التعرض المجتمعي لمستويات سطح بحر أكثر ارتفاعًا بشكل جذري.

Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise

R DeConto *et al*

doi: 10.1038/nature17145

الشكل أعلاه | طبوغرافية أسفل جليد القارة القطبية الجنوبية وسمات الصفيحة الجليدية. ارتفاعات القاعدة الصخرية المدخلة فوق شبكة نموذج الصفيحة الجليدية القطبية البالغة 10 كم، والمستخدمة بالبليوسين والباطن جليدي الأخير LIG، ومحاكاة مستقبل الصفيحة الجليدية.

علم المناخ

كيف يحدّ التأقلم الشجري من CO_2

مِن المتوقع ارتفاع تنفس النباتات في عالم دافئ، وهو ما سوف يؤدي إلى مزيد من تسارع الاحترار، من خلال تحرُّر ثاني أكسيد كربون إضافي إلى الغلاف الجوي، ولكن لم يتم تحديد إلى أي مدى قد تتأقلم النباتات مع درجات الحرارة المرتفعة على المدى الطويل. وقد قام بيتر ريتش وزملاؤه بقياس تكيُّف تنفس نبات ورقي لفترة تبلغ 3 ـ 5 أعوام من الاحترار (بـ 3.4 درجة مئوية) لعشرة أنواع شجرية شمال أمريكية في ظروف غابيّة. وقد اكتشفوا أن التكيف قد أنهى 80% من ارتفاع التنفس الورقي المتوقَّع للأشجار غير المتكيفة. وتشير تلك النتيجة إلى أن ارتفاع معدلات التنفس للنباتات الأرضية ـ الناتج عن الاحترار المناخي ـ والارتفاع المصاحب بتركيز ثاني أكسيد كربون الغلاف الجوي قد يكون أقل مما كان متوقَّعًا.

Boreal and temperate trees show strong acclimation of respiration to warming

P Reich *et al*

doi: 10.1038/nature17142

كيمياء حيوية

سلوك بروتين الأرستين

من خلال دراسات عديدة، تم التعرف على بِنْيَة المستقبِلات المقترنة ببروتين جي "GPCRs"، بالإضافة إلى دورها كعوامل وسيطة في وظائف العديد من الهرمونات والناقلات العصبية والأدوية، لكن لا توجد معلومات كافية حول كيفية تغيير تشكُّل البروتينات الغشائية هذه عندما تتفاعل مع البروتينات التي تنظم وظيفتها. وقد استخدمت سوزان نوبر وزملاؤها سلسلة من المستشعِرات الحيوية لبيتا أرستين-2، معتمدة على نقل الطاقة بالرنين الفلوري FRET؛ لدراسة ديناميّات التغيرات التي تحدث في بيتا أرستين-2 عندما تُقيَّد إلى المستقبل الأدرينالي بيتا في الخلايا الحية، وتتفكك في نهاية الأمر منه. ووجدوا أنه بعد تفكك بيتا أرستين-2، يظل في غشاء الخلية في تشكل نشط على الأقل في البداية، مشيرًا إلى أن بيتا أرستين-2 قادر على التأشير في حالة خالية من المستقبِل المقترن ببروتين جي. استخدمت مي هاي لي وزملاؤها سلسلة من المراسلين FlAsH BRET داخل الجزيء؛ لرصد التغيرات البنيوية في بيتا أرستين-2 في وجود ستة مستقبلات مقترنة ببروتين جي. ووجدوا مستقبِلات مختلفة، مقترنة ببروتين جي، كما وجدوا لبجندات تنتِج توقيعات تكوينية لبيتا أرستين-2، وترتبط مع استقرار مركّب مستقبِل أريستين؛ وهذا ما يفسر استخدام مستقبِلات مختلفة مقترِنة ببروتين جي مستجيبًا مشتركًا لأغراض متعددة.

***β*-Arrestin biosensors reveal a rapid, receptor-dependent activation/deactivation cycle**

S Nuber *et al*

doi: 10.1038/nature17198

The conformational signature of β-arrestin2 predicts its trafficking and signalling functions

M Lee *et al*

doi: 10.1038/nature17154

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جيولوجيا

أصل مائي للكوماتيات الأركيّة

الكوماتيتات Komatiites هي نوع نادر من الصخور البركانية، تشكلت بشكل متفرد أثناء الحقبة الأركيّة. وتدلّ كيميائيتها على أصل يعود إلى الحمم البركانية التي تنتج عند درجات حرارة مرتفعة بشكل متطرف، لكن الشكوك حول المحتوى المائي بصهارة الكوماتيت تحجب القضية. يقدِّم ألكسندر سوبوليف وزملاؤه أدلة على أن الصهارة السلفية لكوماتيتات تعود إلى 2.7 مليار عام من حزام أبيتيبي وكندا قد بدأت في التبلُّر عند درجة حرارة مرتفعة، وعمق ضحل، وظروف اختزالية. وتركيب العنصر الأساسي والعنصر ضئيل الأثر للصهارة وكذلك الانفلات الغازي المنخفض للأكسجين غير متسقتين مع إعدادات الاندساس. وعوضًا عن ذلك.. يرى الباحثون أن النسبة المرتفعة غير المعتادة للماء إلى العناصر ذات التوافق المشابه قد نتجت عن السحب إلى مصدر الكوماتيت للمواد المائية من المنطقة الانتقالية للوشاح الصخري. ويشير هذا إلى أصل مائي للكوماتيت، ودرجات حرارة وشاح صخري أركية مرتفعة، مما يعني وجود خزان وشاح صخري مائي عميق في الوشاح الصخري المبكر لتاريخ الأرض.

Komatiites reveal a hydrous Archaean deep-mantle reservoir

A Sobolev *et al*

doi: 10.1038/nature17152

علم الأورام

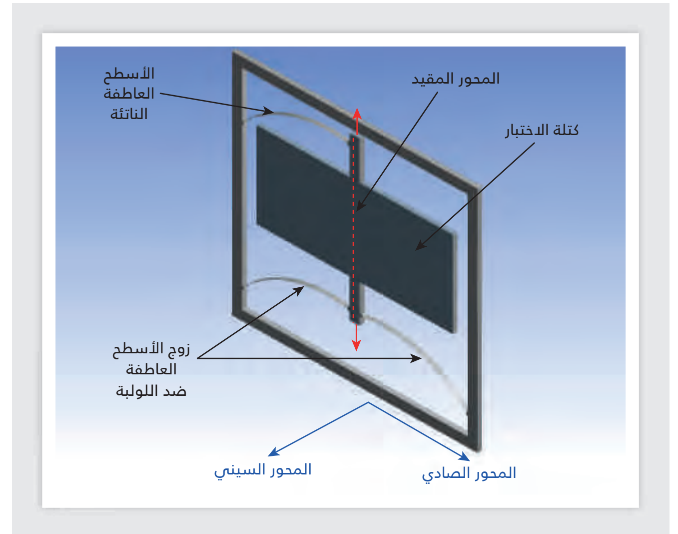
تعزيز نشاط الخلية التائية المضاد للورم

أوردت هذه الدراسة نهجًا جديدًا للعلاج المناعي للسرطان، من خلال تعديل عملية تشكيل أيض كوليسترول الخلية التائية. وأظهر تشينكي شو وزملاؤه أن تثبيط مسار أسترة الكوليسترول الخلوي في الفئران، إمّا عن طريق الاجتثاث الوراثي، أو التثبيط الدوائي للأسيتيل ترانسفيريز 1 أسيتيل التميم الإنزيمي ACAT1 و ACAT2، يزيد مستويات الكوليسترول في غشاء البلازما، وتكتُّل وتأشير مستقبِل الخلية التائية، ويقوِّي الاستجابة المضادة للورم بشكل كبير للخلايا التائية $CD8^+$ في الفئران. ولاختبار إمكانات ACAT1 كهدف دوائي للعلاج المناعي للسرطان، عالج الباحثون الفئران الحاملة لسرطان الجلد بمركّب "أفاسيميبي" avasimibe، وهو مثبط للـACAT، الذي تم استخدامه لعلاج تصلب الشرايين في التجارب الإكلينيكية. ولوحظ تأثير مضاد الورم، وأنّ مزيجًا من الجسم المضاد لأفاسيميبي ومضاد-PD-1 كان أكثر فعالية من أي منهما منفردًا.

Potentiating the antitumour response of $CD8^+$ T cells by modulating cholesterol metabolism

W Yang *et al*

doi: 10.1038/nature17412



جيولوجيا

آلة قياس جاذبية على طائرة بدون طيار

يمكن لآلات قياس الجاذبية قياس التباين الضئيل في التسارع التجاذبي المحلي، بحساسية مرتفعة بدرجة كافية؛ لقياس المَدّ والجَزْر: وهي التشوه المرن الخاص بالقشرة الأرضية، الناتج عن أطوار النسبة المتغيرة للشمس والأرض والقمر. إنّ آلات قياس الجاذبية الموجودة ضخمة ومكلفة، ولكنّ جيليس هاموند وزملاءه قاموا مؤخرًا بتطوير آلة قياس جاذبية ميكانيكية كهربية مجهرية مدمجة وغير مكلفة، بتصميم جديد "مانع اللولبة"، حيث قاموا باستخدامه لقياس التسارع التجاذبي بحساسية كافية وثبات؛ للكشف عن المَدّ والجَزْر. ويعني الحجم الصغير للجهاز وتكلفته المنخفضة إمكانية تركيبه على طائرات بدون طيار؛ لأغراض مسحيّة واستكشافية، واستخدامه لمراقبة البراكين، أو إدماجه في مصفوفات تصوير متباينة الكثافة، ومتعددة الدقة.

Measurement of the Earth tides with a MEMS gravimeter

R Middlemiss *et al*

doi: 10.1038/nature17397

الشكل أعلاه | جهاز المنظومة الميكانيكية الكهربية المجهرية MEMS. تصميم منظومة جهاز قياس الجاذبية الميكانيكي الكهربي المجهري. تم تعليق كتلة الاختبار المركزية من ثلاثة أسطح: زوج ضد زنبركي يحد من حركة كتلة الاختبار على طول المحور المقيد (الخط الأحمر المتقطع). وتم خفض التردد بواسطة هذا القيد، حتى يقوم الناتج بدفع الحركة خارج المحور، مما يؤدي إلى استقرار جهاز المنظومة الميكانيكية الكهربية المجهرية عند تردد أكثر انخفاضًا.

علم الأعصاب

عوامل عصبية ترتبط بإدراك المخاطر

يحلو للبعض خوض المخاطر، بينما يتجنبها آخرون. ونرى أحيانًا أنّ حتى مَن يتجنبون المخاطر يجازفون في بعض اختياراتهم؛ وهو تباين لا علم لنا بالركيزة العصبية المستند إليها فيه. وقد أظهر كارل ديسيروث وزملاؤه ـ من خلال بحثهم على الفئران ـ أن زيادة نشاط الخلايا المعبرة عن مستقبِل الدوبامين من النوع الثاني (D2R) في النواة المتكئة خلال فترة اتخاذ "القرار" يعكس نتيجة "خسارة" من القرار السابق، ويتوقع خيارًا آمنًا لاحقًا. وتزيد الفروقُ الفردية في حجم النشاط من الارتباط بتفضيل المخاطرة. وعن طريق زيادة مصطنعة لنشاط الخلايا العصبية D2R خلال فترة اتخاذ القرار، يمكن للباحثين تحويل الفئران التي تسعى إلى المخاطر إلى فئران تتجنَّب المخاطر. وتشير هذه النتائج إلى أن حالة التباين في تفضيل المخاطر يتم التحكم فيها بواسطة الخلايا العصبية للنواة المتكئة المعبِّرة عن مستقبِل الدوبامين من النوع الثاني D2R.

Nucleus accumbens D2R cells signal prior outcomes and control risky decision-making

K Zalocusky *et al*

doi: 10.1038/nature17400

التحكم في سلوك الحيوانات عن بُعْد

تصف هذه الدراسة تقنية جديدة تسمح للخلايا العصبية بالتنشيط، أو التثبيط عن بُعْد في الحيوانات المتنقلة بِحُرِّيَّة، عن طريق استخدام موجات الراديو، أو المجالات المغناطيسية. فقد استخدم جيفري فريدمان وزملاؤه بروتينًا مقيدًا بالحديد، مربوطًا ببروتين حساس للحرارة؛ لإثارة أو تثبيط الخلايا العصبية في النواة الوطائية البطانية الإنسية في الفئران. وزاد تنشيط الخلايا العصبية المستشعرة للجلوكوز من نسبة جلوكوز البلازما والجلوكاجون، كما قَمَع إنسولين البلازما، وزاد التغذية. وخَفَّض التثبيط جلوكوز الدم، وزاد من إنسولين البلازما، وقَمَع الاستجابة لنقص جلوكوز الدم، فضلًا عن تمكين التحكم عن بُعْد في النشاط الخلوي في البحوث الأساسية. وهذا النهج له آثار علاجية محتملة، كبديل اجتياحي ـ على أقل تقدير ـ للتحفيز العميق للدماغ.

Bidirectional electromagnetic control of the hypothalamus regulates feeding and metabolism

S Stanley *et al*

doi: 10.1038/nature17183

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم الحيوان

هل الأهداب الأوَّلِيَّة أجهزة استشعار؟

الهُدْب الأوَّلي هو عضية واحدة بارزة من سطح الخلية. وبالنظر إلى بنيته الشبيهة بالهوائي، افتُرض أن وظيفته هي استشعار البيئة المحيطة، وعلى وجه التحديد.. من خلال قنوات أيونية تسمح للكالسيوم بالعبور، وبالتالي الاستجابة للقوى الميكانيكية. وقد استُخدمت هذه الفرضية في تفسير مجموعة واسعة من الاستجابات البيولوجية، من السيطرة على تحديد محور اليسار واليمين أثناء التطور الجنيني لتطور البالغين في مرض الكلى متعدد الكيسات، وبعض أنواع السرطان. ومع ذلك.. يقدِّم ديفيد كلافام وزملاؤه دليلًا يدحض هذه الفرضية. فقد قاموا بقياس إشارات أيونات الكالسيوم Ca^{2+} في الأهداب الأولية عقب قوة ميكانيكية في الفئران المهندَسة للتعبير عن بروتين استشعار يتفلور استجابةً لأيونات الكالسيوم Ca^{2+}. ولم يجد الباحثون دليلًا على القوة التي يحركها تدفق أيونات الكالسيوم في الأهداب الأولية، واستنتجوا أنه إذا كان الاستشعار الميكانيكي ينشأ في الأهداب الأوّليّة، فإنه لا يكون عبر إشارات الكالسيوم.

Primary cilia are not calcium-responsive mechanosensors

M Delling *et al*

doi: 10.1038/nature17426



غلاف عدد 7 إبريل 2016

طالع نصوص الأبحاث في عدد 7 إبريل من دوْريّة "*Nature*" الدولية.

أحياء خلوية

الخلايا الجذعية البشرية أحادية الصبغيات

إن خلايا الثدييات ثنائية الصيغة الصبغية تحمل نسختين من كل كروموسوم. ولذلك.. فإن تحليل وظيفة الجين يمكن أن تكون عملية معقدة. وقد سمح اشتقاق الخلايا الجذعية الجنينية أحادية الصبغيات في الفئران للباحثين بدراسة وظيفة الجين بطريقة أبسط وأسرع. والآن، يمكن تطبيق نهج مماثل في الخلايا البشرية. يُذكَر أنّ إدو ساجي وزملاؤه وَلَّدوا الخلايا الجذعية البشرية أحادية الصبغيات من البويضات أحادية الصبغيات. وتحافظ الخلايا الناتجة على نمط نووي أحادي الصبغيات طبيعي، وخصائص متعددة القدرات للتجديد الذاتي وللتمايز، حتى إذا كانت تختلف عن الخلايا ثنائية الصيغة الصبغية من حيث تثبيط X، أو اختزال التعبير الأيضي. ويثبت الباحثون أن الخلايا يمكن استخدامها بنجاح لغربلة طفرات الوظيفة.

Derivation and differentiation of haploid human embryonic stem cells

I Sagi *et al*

doi: 10.1038/nature17408

علم الفطريات

تحديد سُمّ في عامل مسبِّب لمرض فطري

تحدِّد هذه الدراسة وتصف سم ببتيد حل الخلية في المسبِّب المرض الفطري البشري الانتهازي *Candida albicans*. والببتيد المسمى "كانديداليسين" Candidalysin يعمل باعتباره عامل إمراض حاسمًا، إذ يتسبب في نفاذ غشاء بلازما الخلية إلى المضيف، بحيث يطلق إشارة أساسية متحكِّمة في مسار الاستجابة للخطر في المضيف.

Candidalysin is a fungal peptide toxin critical for mucosal infection

D Moyes *et al*

doi: 10.1038/nature17625

علم النبات

طريقة خاصة لنباتات الإبريق مع الماء

يلتقط النباتُ اللاحم *Nepenthes alata* الحشرات عندما "تتزلج" ـ تنزلق بسبب الماء ـ على الحافة الرطبة، أو جوف الفم في عضو إبريق النبات. تَبَيَّن هواوي تشن وزملاؤه أن هذا يتحقق من خلال نقل المياه المستمر على سطح جوف الفم، نتيجة لميزات بنيوية متعددة المستويات، منخرطة في تجاويف مجهرية، كمنقار البطة بحواف مفتوحة على شكل قوس. تحسِّن هذه الميزات من ظاهرة الارتفاع الشعري في اتجاه النقل، وتمنع عودة التدفق بتعليق الاتجاه العكسي؛ لإنتاج تدفق أحادي الاتجاه، على الرغم من غياب أيّ تدرُّج في طاقة السطح، ونقل أسرع بكثير مما لُوحظ سابقًا مع الأسطح المنظمة غير المتماثلة. ويمكن أن تكون الآليات الكامنة وراء هذا السلوك ذات صلة بأنظمة نقل السوائل الاصطناعية ذات التطبيقات العملية.

Continuous directional water transport on the peristome surface of *Nepenthes alata*

H Chen *et al*

doi: 10.1038/nature17189

كيمياء

19 خطوة نحو "الفوربول"

تُعتبر منتجات تيجليان ثنائي التربين ـ وبخاصة الفوربول، والإسترات ـ مركّبات واعدة في عديد من التطبيقات الطبية المختلفة. تتميز هذه الجزيئات بتعقيدها، حيث اعتمد الوصول إلى كميات مفيدة من الفوربول والنظائر ذات الصلة على استخلاصها من مصادر طبيعية ونصف مصنَّعة. وقد أورد فيل باران وزملاؤه مؤخرًا أن التصنيع الإجمالي بتماثل صوري نوعي من (+) – فوربول يكون في 19 خطوة فقط من التربينات الأحادية الوفيرة (+) – كارين. ويرى الباحثون في استراتيجيتهم لتخليق التربين ثنائي المرحلة ـ كمسار للحصول على نظائر تحتوي على أنماط أكسدة فريدة ـ عوضًا عن كونها بديلًا للاستخلاص، كوسيلة لتوليد منتَج طبيعي.

Nineteen-step total synthesis of (+)-phorbol

S Kawamura *et al*

doi: 10.1038/nature17153

تنوع حيوي

تنوُّع الجُزُر منذ الحدّ الجليدي الأخير

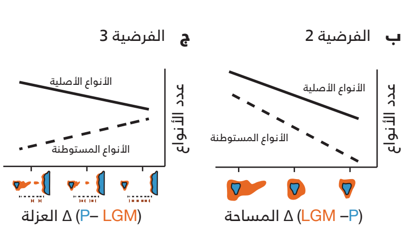
يَفترض فَهْمنا للتنوع الحيوي على الجُزُر.. إما أنها الخلفيات الثابتة جيولوجيًّا للهجرة والنزوح، أو أنها أكثر ديناميّة، وتتأثر بالتغير التكتوني والجيولوجي عبر ملايين الأعوام. ومع ذلك.. فلا يوجد نموذج يستوعب التغير السريع عبر العشرين ألف عام الماضية، أو ما يقاربها، حيث أدى ذوبان القمم الجليدية أثناءها إلى ارتفاع مستوى سطح البحر لأكثر من 100 متر، مما قَسَّمَ كُتَلًا أرضية، وجَعَلَ جُزُرًا صغيرة أكثر صغرًا، وأكثر بُعْدًا. اكتشف باتريك ويجيلت وزملاؤه أن تابع الطوفان كان له تأثير قابل للقياس على التنوع الحيوي النباتي. ونجد ـ على وجه الخصوص ـ أن الجُزُر التي كانت أضخم أثناء الحد الأقصى الجليدي السابق تمتلك أنواعًا متوطنة أكثر مما كان يُتوقع من حجمها الحالي وبعدها، في حين أن عدد الأنواع المحلية هو نفسه في الأساس.

Late Quaternary climate change shapes island biodiversity

P Weigelt *et al*

doi: 10.1038/nature17443

الشكل أسفله | الآثار المفترضة لتغيرات موقع الحد الأقصى الجليدي الأخير LGM لمستوى سطح البحر على التنوع الحيوي للجزيرة. أ، قمنا بافتراض أن التنوع النباتي الحالي (P) تأثر بالسمات الخاصة بالحد الأقصى الجليدي الأخير للجزيرة. ولحدوث هذا، ينبغي أن تكون تغيرات السمات الخاصة بالجزيرة منذ الحد الأقصى الجليدي الأخير (ΔLGM) بمثابة تنبؤات مهمة لأنماط التنوع الحيوي الحالي. وينبغي لهذه التأثيرات أن تكون أقوى، لغنى الأنواع المستوطنة، وليس الأنواع الأصلية غير المستوطنة. Kyr، آلاف الأعوام. **ب**،**ج**، التأثيرات المفترضة لتغيرات مساحة الجزيرة (Δالمساحة) (ب) ونقطة انطلاق العزلة (Δالعزلة)؛ مع الأخذ في الاعتبار الجبال البحرية المغمورة حاليًّا وتغيرات البر الرئيس للمناطق الساحلية (ج) من الحد الأقصى الجليدي الأخير حتى الحالي (P) على التنوع النباتي للجزيرة.



فلك

سجل نظائري لانفجارات حديثة

قبل عشرين عامًا، نُوقِشَت مسألة أن انفجارات السوبرنوفا القريبة قد تترك بصمتها على الأرض في شكل شذوذ نظائري جيولوجي، ناتج عن الترسب المباشر للحطام، أو من خلال تشظِّي الأشعة الكونية في الغلاف الجوي. وتمت البرهنة على هذا مع ظهور الحديد-60، الذي اكتُشف في قشرة الفيرومنجنيز في عمق البحر، كمؤشر على السوبرنوفا. وتضيف ورقتان بحثيتان مزيدًا من التفاصيل إلى الصورة، وتشيران إلى أن هناك العديد من انفجارات السوبرنوفا خلال القليل من مئات السنوات الضوئية، عبر الملايين القليلة من الأعوام التي مضت. أبلغ أنتون والنر وزملاؤه عن أنّ إشارة ^{60}Fe في عمق البحر تُعَدّ إشارة كونية، ممتدة في الزمن، وذات نشأة نجمية من أحداث متعددة. وتكشِف نتائجهم عن تدفق ^{60}Fe نجمي إلى الأرض منذ ما بين 3.2-1.7 مليون عام، و6.5-8.7 مليون عام. كما أبلغ ديتر بريتشفيرد وزملاؤه عن حسابات للمسارات الأكثر احتمالاً، والكتل الخاصة بأسلاف السوبرنوفا، وبالتالي أوقات انفجارها ومواقعها. تنشأ إشارة ^{60}Fe عن انفجارَي سوبرنوفا على مسافات بين 90 ـ 100 فرسخ نجمي، وقد حدث أقربها منذ 2.3 مليون عام، والثاني منذ حوالي 1.5 مليون عام عند 9.2، و8.8 كتلة شمسية على التوالي.

Recent near- Earth supernovae probed by global deposition of interstellar radioactive 60Fe

A Wallner *et al*

doi: 10.1038/nature17196

The locations of recent supernovae near the Sun from modelling 60Fe transport

D Breitschwerdt *et al*

doi: 10.1038/nature17424

علم الأعصاب

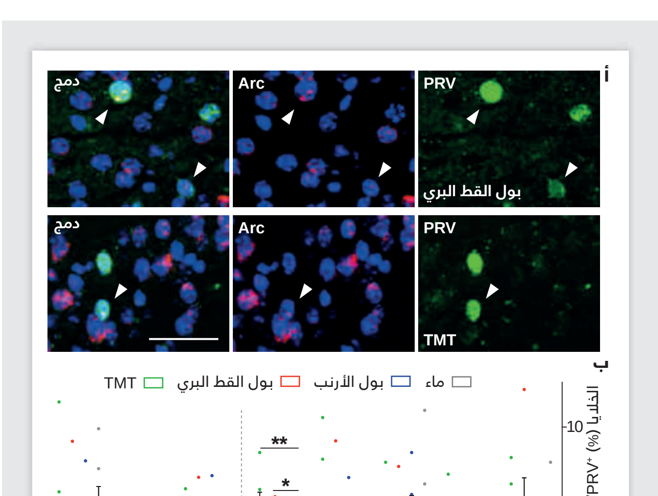
حذف PTCH1 عند توتر النمو العصبي

ارتبط تعطيل الجين *PTCH1* في البشر بالعجز في الانتباه، والإعاقة الفكرية، واضطرابات طيف التوحد، ولكنّ مناطق الدماغ المسؤولة عن ذلك ليست معروفة. أورد جوبينج فينج وزملاؤه أن حذف جين *Ptchd1* في الفئران يضعف نشاط النواة الشبكية المهادية (TRN)، عن طريق اختزال تيارات البوتاسيوم (SK) المعتمِدة على الكالسيوم. وتعاني الفئران مقيدة نواة الشبكة المهادية (TRN) مع حذف جين *Ptchd1* من نمط نوم متقطع، وعجز في الانتباه، وفرط في النشاط. ويمكن معالجة تلك المشكلات من قِبَل منشِّط القناة (SK). وعلى النقيض من ذلك.. تعاني الفئران محذوفة الجين *Ptchd1* من مشكلات في التعلم، وعنف مفرط، وتشوهات حركية، وهي التأثيرات التي كانت غير حساسة لمنشط القناة (SK). وتشير هذه النتائج إلى أن عجز نواة الشبكة المهادية (TRN) قد تكمن وراء إعاقات عديدة مرتبطة باضطرابات النمو العصبي، وتحديد الأهداف العلاجية المحتمَلة للأفراد الذين يعانون من حذف جين *PTCHD1*.

Thalamic reticular impairment underlies attention deficit in *Ptchd1*$^{Y/-}$ mice

M Wells *et al*

doi: 10.1038/nature17427



علم الأعصاب

دوائر عصبية تستجيب لرائحة المفترِس

يُطلِق التعرض لروائح الحيوانات المفترسة المتطايرة استجابةَ خوف غريزي في الفئران، وحدوث زيادة كبيرة في هرمونات التوتر لديها CRH، وACTH، والكورتيزون. و مِن المرجح أن تكون هذه الاستجابات النمطية بواسطة الدوائر العصبية، ولكن مناطق الشم الموجودة لديها لا تزال مجهولة حتى الآن. وقد حددت ليندا باك وزملاؤها المنطقة الانتقالية لِلَوزة المخية-كمثرية الشكل، باعتبارها منطقة حاسة الشم الوحيدة ضد تيار الخلايا العصبية الوطائية CRH، التي يتم تنشيطها من خلال روائح الحيوانات المفترسة المتطايرة، وتَبَيَّن أن هذه المساحة تتوسط استجابة الخوف الهرمونية، لا الاستجابة السلوكية لهذه الروائح.

A specific area of olfactory cortex involved in stress hormone responses to predator odours

K Kondoh *et al*

doi: 10.1038/nature17156

الشكل أعلاه | تنشط روائح المفترس تيار مضاد من الخلايا العصبية الوطائية CRH في AmPir. أ، الخلايا العصبية AmPir المعلَّمة (رؤوس الأسهم) لـPRVB177 (الأخضر) nArc (الأحمر) بعد تعرض الفئران لبول القط البري أو TMT. مقياس البار، 50 ميكرومترًا. **ب**، النسبة المئوية من الخلايا العصبية $PRVB177^{+}$ المعلَّمة لـnArc في مناطق OC (يسارًا)، وVAg (يمينًا)، بعد التعرض لـTMT، وبول القط البري، وبول الأرنب، أو الماء. العدد n = 5-6 لكل حالة. تشير مقاييس الخطأ إلى الخطأ المعياري للمتوسط s.e.m.، اختبار كروسكال واليس مع اختبار دن. (*P < 0.05، **P < 0.01)

وراثة

الإنقاذ الوراثي من التشوهات الدماغية

حَدَّد مارك كان وزملاؤه آلية سببية لتطوير التشوهات الكهفيّة الدماغية "CCMs"، وهي تشوهات الأوعية الدموية التي تسبِّب السكتة الدماغية، والنوبات المَرَضِيَّة. ومن المعروف أن مركّب التشوه الكهفي الدماغي CCM ينظم MKK3 خلال تطور القلب. وقد أظهر الباحثون أن كَسْب تأشير MKK3 هو المسبِّب لتطوُّر التشوه الكهفي الدماغي CCM عبر تنشيط الجينات المستهدَفة (*Klf2*، و*Klf4*). إن الخسارة البِطَانية لـ MEKK3، و*KLF2*، أو *KLF1* تقلق من معدل نفوق الفئران المصابة بالتشوه الكهفي الدماغي.

Cerebral cavernous malformations arise from endothelial gain of MEKK3–KLF2/4 signalling

Z Zhou *et al*

doi: 10.1038/nature17178

كيمياء حيوية

كشف بِنْيَة إنزيم سيباريز

يربط مركّب الالتصاق بين الكروموسومات المزدوجة، لكنها تنفصل ـ رغم ذلك ـ بعد أن تَعَلَّق على المغزل الميتوزي قبل انقسام الخلية، ويتم سَحْبها بعيدًا إلى أقطاب منفصلة. ولكي يحدث ذلك، يجب أن يشق مركّب الالتصاق بواسطة إنزيم تحلل بروتيني "سيباريز". وقد توَّصل هونج تاو يو وزملاؤه إلى البِنْيَة البلورية للمجال الذي يعمل عليه إنزيم التحلل البروتيني بأحد الفطريات، في صورتيه.. المقيدة، وغير المقيدة إلى الببتيدات المقابلة لموقع انشقاق مركب الالتصاق. وتوفِّر هذه البِنَى تبصُّرًا بالكيفية التي يتعرف بها إنزيم سيباريز على مركّب الالتصاق، وكيف تعزيز عملية الفسفرة لموقع انقسام نشاط الإنزيم.

Structural basis of cohesin cleavage by separase

Z Lin *et al*

doi: 10.1038/nature17402

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

علم المناخ

التخفيف من آثار التغير المناخي

قد تكون أنواع التربة الزراعية مفيدة في عملية التخفيف من آثار التغير المناخي، وذلك بفصل الانبعاثات بشرية المنشأ، الخاصة بغازات الاحتباس الحراري. وقد أظهرت تغيرات الممارسات الإدارية ارتفاع امتصاص الكربون، والحدّ من انبعاث غازات الاحتباس الحراري، بحيث تبلغ القدرة العالمية ما يقدَّر بعدة بيتاجرامات ـ أو ملايين عديدة من الأطنان المترية ـ من مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل عام. ورغم ذلك.. يظل الرصد الدقيق لفعالية تقنيات إدارة التربة عسيرًا، وما زال التحدي الأكبر هو طرح الممارسات المطلوبة للمستوى المرجو.

Climate-smart soils

K Paustian *et al*

doi: 10.1038/nature17174

اثنا عشر قرنًا من التباين المناخي

ربما يكون التغير المستقبلي في المناخ المائي واحدًا من أكثر الأشكال المدمِّرة اجتماعيًّا للتغير المناخي، ولكن التباين على الصعيد نصف الكروي بالمناخ المائي السابق غير معروف بشكل كبير، خاصة خارج إعدادات البناء القائمة على الحلقة الشجرية. فقد قام فريدريك يونجفيست وزملاؤه بتجميع مجموعة من السجلات ـ تشمل حلقات الأشجار، والنويات الجليدية، والخث peat، والسبيليوثيمات speleothems، والرواسب البُحَيْرِيَّة والبحرية، والأدلة الوثائقية ـ لإعادة بناء التباين المناخي المائي نصف الكروي الشمالي أثناء القرون الاثني عشر الماضية. كانت القرون 11، و19، و20 رطبة بالنسبة إلى القرون الأخرى، بينما كانت الظروف أكثر جفافا من القرن الثاني عشر حتى القرن التاسع عشر. وتتوافق إعادة البناء ـ بشكل عام ـ مع محاكاة النموذج، حتى القرن الثاني عشر، حين تحاكي النماذج ترددًا أكثر ارتفاعًا بكل من الحدود المتطرفة الجافة، والرطبة مما نراه في البيانات. وتشير المقارنة إلى أن النماذج ربما تكون قد فقدت عمليات مهمة، وأن توقعات التغيرات في الظروف المناخية المائية تظل غير مؤكَّدة.

Northern Hemisphere hydroclimate variability over the past twelve centuries

F Ljungqvist *et al*

doi: 10.1038/nature17418

أحياء جزيئية

السيطرة على توليد الحرارة للدهون البُنِّيّة

يَعتمِد التنفس المولِّد للحرارة في الأنسجة الدهنية البُنِّيَّة "BAT" والدهون البُنِّيَّة فاتحة اللون "البيج" على بروتين فك الارتباط 1 (UCP1)، وبروتين الغشاء الداخلي للميتوكوندريا، الذي ينتج الحرارة عن طريق تشتيت تدرُّج بروتون الميتوكوندريا الناتجة عن السلسلة التنفسية. ويبين الباحثون أن تنشيط بروتين فك الارتباط 1 (UCP1) مدعوم من قِبَل اندفاع أنواع الأكسجين التفاعلية في الميتوكوندريا (ROS) عند التعرض للبرد. وتُعتبر أنواع الأكسجين التفاعلية في الميتوكوندريا ضرورية لعملية إضافة مجموعة السولفينيل لبقايا السيستين الحرجة في بروتين UCP1، التي تدفع تنشيطه.

Mitochondrial ROS regulate thermogenic energy expenditure and sulfenylation of UCP1

E Chouchani *et al*

doi: 10.1038/nature17399

بروتين Lypd8 يرتبط بالبكتيريا السوطية

تبيِّن هذه الورقة البحثية أن البروتين المشتق من الخلية الظهارية المعوية Lypd8 ـ وهو عضو في الفصيلة العليا Ly6/PLAUR ـ يرتبط بالبكتيريا السوطية. وعند وقوع هذا الارتباط، تقل حركة البكتيريا، ويقلّ دخول البكتيريا سالبة الجرام في مخاط القولون الداخلي، ويمتنع الغزو في ظهارة القولون.

Lypd8 promotes the segregation of flagellated microbiota and colonic epithelia

R Okumura *et al*

doi: 10.1038/nature17406

استهداف بروتينات سرطانية

مشتق الثاليدومايد ليناليدوميد هو علاج مضاد للسرطان، يُستخدم على نطاق واسع في علاج الأورام الدموية الخبيثة، بما في ذلك الورم النخاعي المتعدد. وهو يعمل عن طريق تقييد عنصر CRBN للليجز اليوبيكويتين E3 $CRL4^{CRBN}$، إما لتثبيط عملية إضافة اليوبيكويتين للركائز الذاتية للإنزيم، أو لجعل الليجز يتقيد ببروتينات ركيزة جديدة؛ من أجل انحلالها. وتسلط البيانات البنيوية التي يقدمها نيكولاس توما وزملاؤه الضوءَ على كيفية تغيير ليناليدوميد والمركّبات ذات الصلة خاصّة الركيزة لليجز اليوبيكويتين $CRL4^{CRBN}$. وأظهروا أن عنصر CRBN والليناليدوميد على حد سواء يوفران سطحًا بينيًّا مقيدًا للركيزة ذات الصلة بالسرطان - إنزيم كينيز CK1α - وربما أيضًا لعامل النسخ الليمفاوي "إيكاروس" Ikaros. وقد تكون معرفة كيفية تعزيز أدوية الجزيء الصغير تفاعلات البروتين البروتين مفيدة لتطوير أدوية أخرى تؤثر على انحلال البروتين.

Structural basis of lenalidomide-induced CK1α degradation by the $CRL4^{CRBN}$ ubiquitin ligase

G Petzold *et al*

doi: 10.1038/nature16979

فيزياء

أهمية ملحوظة للبَتّ الكَمِّي

ستكون هناك حاجة إلى بتّات كمية ذات أزمنة ترابط طويلة، إذا ما كان للحواسب والمستشعرات الكَمِّية أن تصبح حقيقة. وتُعتبر السيطرة الارتجاعية مِن طرق تحقيق ذلك، حيث تدعم التشابه في استراتيجيات السيطرة التقليدية. وقد طَبَّق ماساشي هيروز، وباولا كابيلارو لوغاريتم سيطرة ارتجاعية ترابطية بمنظومة بَتّ كَمِّي في ماس متمركز، ذي فجوة نيتروجينية؛ وتَحَقَّق ذلك بكفاءة ملحوظة؛ مما جعل البَتّ الكَمِّي مستقرًّا لعدد من الملِّي ثانية. وهذه الطريقة قابلة للمقارنة مع مخططات أخرى، تبسط أزمنة الترابط، وتتكامل معها، كتصحيح الخطأ الكَمِّي، على سبيل المثال.

Coherent feedback control of a single qubit in diamond

M Hirose *et al*

doi: 10.1038/nature17404

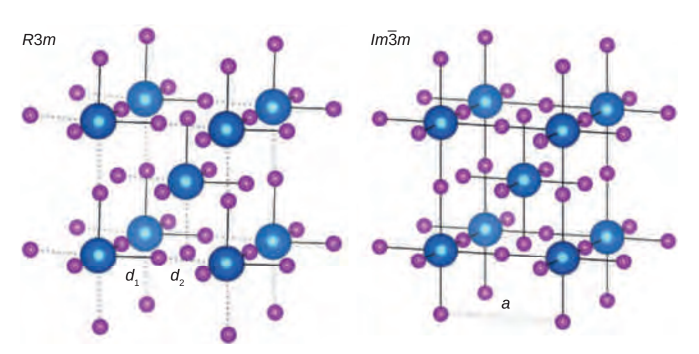
بِنْيَة H_2S فائق التوصيل

أثار اكتشاف التوصيل الفائقة عند درجة حرارة مرتفعة بمنظومة كبريتيد الهيدروجين المضغوط نشاطًا محمومًا من الباحثين في المجال، الحريصين على تمييز الطور فائق التوصيل. أجرت أيون إيريا وزملاؤها مجموعة من الحسابات؛ للاضطلاع بالمسألة، وكانوا قادرين على التحقق من إسهام اضطرابات البروتون الكمية بتحديد البِنْيَة البلورية للطور فائق التوصيل عالي الضغط لـH_3S، وD_3S. وقد اكتشف أن الطبيعة الكمية للبروتون تغيِّر ـ بطريقة أساسية ـ مخطَّط الطور فائق التوصيل لـH_3S. وتلك العملية مكافئة لتناظر الرابطة الهيدروجينية التي تحدث في الماء تحت الضغط.

Quantum hydrogen-bond symmetrization in the superconducting hydrogen sulfide system

I Errea *et al*

doi: 10.1038/nature17175



الشكل أسفله | الهياكل البلورية للأطوار المتنافسة. الهيكل البلوري في الخلية bcc التقليدية للأطوار R3m (على اليسار) وIm3̄m (على اليمين). تم وَسْم الرابطة التساهمية H-S ذات الطول d_1 بخط مصمت والرابطة الهيدروجينية الأطول H…S ذات الطول d_2 بخط متقطع، وذلك بالهيكل R3m. $d_1 = d_2$، بالطور Im3̄m. تم وَسْم معامل الشبيكة a بالهيكل Im3̄m. تمثل الذرات الزرقاء والوردية الذرات (S)، و(H) على التوالي.

روبوتات تخترق خلايا الدماغ

يأمل علماء الأعصاب في تحويل فن التنصّت على الخلايا العصبية إلى تقنية آليّة.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

هيلين شين

إن تشبيك قطب كهربائي بخلايا دماغ حيوان حيّ، لتسجيل موجاته الكهربائية، مُهمّة تتطلّب دِقَّة وصبرًا. تُسمى تلك التقنية "الالتقاط الرقمي كامل الخلايا"، وهي بمثابة "الفن الأدق في علم الأعصاب"، على حد قول إدوارد بويدن، المتخصص في علم الأحياء العصبي. وهذه التقنية هي أحد الفنون التي تتخصّص فيها مختبرات محدودة حول العالم، لا تتجاوز بضع عشرات قليلة. ويحاول الباحثون تبسيط هذا الفن الدقيق، عن طريق تحويله إلى تقنية انسيابية آليّة، يمكن لأي مُختبَر أن يقوم بها باستخدام علم الروبوتات، وكود مصدري يمكن تحميله بسهولة.

"تُقدِّم تقنية الالتقاط الرقمي نظرة فريدة على الدوائر العصبيّة. وبرغم أنها تقنية مُثيرة، إلا أنها غير مُستغلَّة بالشكل الكافي"، كما يقول كاريل سفوبودا، عالِم الأعصاب في مركز جينيليا البحثي، الخاص بمعهد هُوارد هيوز الطبي، والواقع في أشبورن في ولاية فيرجينيا. ويضيف قائلًا: "لذا.. فإن الاتجاه نحو تحويلها إلى تقنية آليّة هو بالفعل أمر مثير جدًّا".

في الثالث من شهر مارس الماضي، قام بويدن ـ من معهد ماساتشوستس التقني في كمبريدج ـ مع زملائه بنشر تعليمات تفصيليّة لكيفيّة تجميع وتشغيل نظام آلي للالتقاط الرقمي كامل الخلايا[1]، وهو نهج كانوا قد قاموا بطرحه للمرة الأولى في عام 2012 (المصدر 2). ويمثل هذا الدليل المنشور آخِر ما توصَّل إليه التعاون المثمر بين بويدن، ومُختبَر كريج فورست - مُهندس ميكانيكي من معهد جورجيا التقني في أطلنطا، ومتخصص في مجال الأتمتة الروبوتية للتقنيات من أجل البحوث.

تتضمن غالبية عمليات التسجيل العصبي إدخال قطب كهربائي في المساحة الموجودة بين الخلايا، لالتقاط الإشارات الكهربائية التي تقفز بين الخلايا العصبية وبعضها. ويستطيع مثل هذا النهج ـ الذي يتم خارج الخليّة ـ الْتِقَاط الإشارات الخارجة، لكنه يغفل عن النشاط الكهربائي الحاصل داخل الخلايا ذاتها، الذي يحدد إذا كانت ستشتعل، أم لا. وهنا، يأتي دور تقنية الالتقاط الرقمي كامل الخلايا، التي يمكنها أن تخترق الخلية العصبيّة، وتصل إلى الداخل. وكما يقول سفوبودا، فإن لهذه العملية الدقيقة "منحنى تعلّم شديد الانحدار؛ وحتى بعد تعلُّم كل شيء فيها، يظل البعض غير قادر أبدًا على العمل بها".

تتضمن تقنية الالتقاط الرقمي تلك دَفْعَ أنبوبة مصّ زجاجية متناهية الصغر خلال الدماغ، تحتوي على سلك قطب كهربائي. وفي النسخة العشوائية الأكثر شيوعًا، يقوم الباحثون بفعل ذلك، دون أن يروا الخلايا العصبية. ويتطلب الأمر من الباحث أن يضغط بشكل متواصل؛ كي يدفع مادة الدماغ بعيدًا عن أنبوبة المصّ؛ لكن مع ارتفاع مقاومة القطب الكهربائي ـ ما يشير إلى وجود خليّة قريبة منه ـ يجب على المستخدم أن يقوم ◄

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

◄ بتفعيل عملية الشفط في اللحظة المناسبة تمامًا؛ لإحكام رأس أنبوبة المصّ الرفيع جدًّا على رقعة صغيرة من غشاء الخليّة العصبية. وبإجراء شفط إضافي، يتمكن المستخدِم من إحداث ثُقب صغير جدًّا في غشاء الخليّة؛ لتسجيل نشاطها. وإذا أُصيبت الخليّة من زاوية خاطئة، أو أُسِيء ضبط الضغط المطبق، إلى جانب عدة متغيّرات أخرى؛ فذلك يؤدي عادةً إلى تسجيلات بعيدة بعض الشيء عن الواقع. يقول بويدن: "لكل خطوة في العملية معدّل فشل معين. وتتضاعف هذه المعدّلات مع التقدم في العملية". كما يعلن الخبراء المتمرّسون عن معدّلات نجاح تتراوح بين 20، و60%.

ومن ثم، قرر بويدن وفورست تحويل تلك التقنية المخادعة إلى تقنية آليّة. ولم يصل الروبوت الخاص بهم إلى أن يتفوّق على الخبراء البشريين حتى الآن، لكن يبلغ متوسط معدّل نجاحه حوالي 33% في الاختبارات التي تمت على الفئران. ويعمل الجهاز بمنصّة البرمجة التجارية "لاب فيو" LabVIEW، ولا يتطلب من الباحثين سوى تثبيت الحيوان وأنبوبة المصّ، ثم تقوم خوارزمية حاسوبية بعد ذلك بالتحكّم في الضغط الداخلي لأنبوبة المصّ، ومسارها في الدماغ. وفي الوقت الحالي، توفِّر شركة "نيوروماتيك ديفايسز" Neuromatic Devices في أطلنطا بولاية جورجيا آلات تستند إلى تقنيّة بويدن، وفورست، لكنها لم تفصِح لنا عن الأسعار، ولا أرقام المبيعات.

أما في جامعة تكساس في أوستن، فقد قام باحثون بصنع نظام ترقيع آليّ مُماثل، يتم التحكّم فيه في بيئة "ماتلاب" MATLAB الحاسوبية. يَستخدِم هذا النظام خوارزمية مختلفة بعض الشيء؛ لتحديد الموعد الذي يُفترض فيه بدء عملية الشفط، وهو ينجح فيما يقرب من 17% من الوقت في إتمام الالتقاط الرقعي للخلايا في الفئران[3]. ويقول عالِم الأعصاب نيراج ديساي ـ الذي قاد الفريق ـ إنه يأمل أن يتمكن من إدراج خوارزميات أكثر تعقيدًا.

ويتساءل بعض الباحثين عمّا إذا كانت روبوتات التسجيل تلك ستتمكن في يوم ما من التفوّق على الخبراء الأفضل من جنس البشر، أم لا. يقول عالِم الأعصاب مايكل هوسر، من كلية لندن الجامعية: "إن العناصر التي تتدخل في قرارات البشر قد تكون أغنى من أنْ تتمكن الآلة من التقاطها"، ويعقِّب بقوله إن التقنيّات المطورة هبة عظيمة للمبتدئين. ويقترح آخرون أنه يمكن للروبوتات أن تساعد المستخدمين ذوي المستويات المختلفة من المهارة في التجارب الطويلة أو المُعقّدة، حيث يشكل الإرهاق البدني للبشر عاملًا مُقيِّدًا.

وفي معهد ألين لعلوم الدماغ في سياتل بواشنطن، قام باحثون بتطوير نظام آلي للمساعدة في نسخة مختلفة من التقنية ذاتها؛ وهي أكثر تحديًا، ويتم توجيهها بالتصوير المستمر. في هذه النسخة، يستهدف العلماء خلايا عصبية محدّدة قريبة من سطح الدماغ، باستخدام مجهر ضوئي ثُنائي الفوتون، بدلًا من الطُّرق العشوائي للخلايا العصبية بأنبوبة مصّ. وتتطلّب العمليّة تنسيقًا أكبر مما يتطلبه الالتقاط الرقعي العشوائي، إذ إنه يجب على المستخدِم أن يقوم بتعديل ضابط الرؤية في المجهر بشكلٍ مستمر، إضافة إلى توجيه أنبوبة المصّ، وضبط ضغطها الداخلي. يقول هوسر، الخبير في عمليات الترقيع الموجّهة بالصور: "سيكون مفيدًا حقًّا لهذه التقنية أن تمتلك ثلاث أيَادٍ".

ومن ثم، يقوم النظام الآلي بتكوين صور ثلاثية الأبعاد للمنطقة المعنيّة في الدماغ، ويُمكِّن المستخدمين من القيام بالاختيار الرقمي للخلايا العصبية التي يريدون أن يسجلوا نشاطها. وبعد إدخال وتثبيت الإحداثيات، يقوم الجهاز بتوجيه أنبوبة المصّ إلى الموضع المعني. وحتى الآن، ما زال الباحثون بحاجة إلى وضع الرقعة على الخلية يدويًّا؛ إلا أنّ لُو لي ـ عالِم أعصاب في معهد ألين، وقائد الفريق المشترك ـ يقول إنهم يأملون في نهاية المطاف أن تصبح العملية آلية بالكامل.

ولا زال غير واضح ما إذا كانت تلك النُّظُم الآلية سيتم تبنِّيها بشكل واسع من قِبَل مجتمع علماء الأعصاب، أم لا. وقد قام كل فريق بإتاحة الكود الخاص بتقنيته مجانًا للتحميل؛ حيث تضعه مجموعة بويدن على autopatcher.org، ويضعه فريق ديساي على clm.utexas.edu/robotpatch؛ أما فريق لي، فيضعه في مستودع "جيت هاب" GitHub (go.nature.com/sgjpab). ومن جانبه، يقول بويدن: "نأمل في أن نتمكن من مساعدة أكبر عدد ممكن من الناس؛ للإجابة على الأسئلة المتعلقة بكيفية عمل الخلايا العصبية". ■

1. Kodandaramaiah, S. B. *et al. Nature Protoc.* **11**, 634–654 (2016).
2. Kodandaramaiah, S. B. *et al. Nature Methods* **9**, 585–587 (2012).
3. Desai, N. S., Siegel, J. J., Taylor, W., Chitwood, R. A. & Johnston, D. *J. Neurophysiol.* **114**, 1331–1345 (2015).

مشاركة البيانات

أداة تعمل على الإنترنت، تدفع الباحثين إلى مشاركة البيانات

تم إطلاق أداة "أوبن داتا بوتون" Open Data Button لتحفيز المشاركة المفتوحة لمجموعات البيانات.

دالميت سينج شاولا

في السابع من شهر مارس الماضي، تم إطلاق النسخة التجريبية من أداة "أوبن داتا بوتون" Open Data Button (opendatabutton.org)؛ وهي أداة مجّانية تعمل على شبكة الإنترنت، تَعِد بمُساعدة مُستخدميها على تقديم الطلبات لمؤلّفي الأوراق البحثية؛ ليقوموا بمُشارَكة بياناتهم مع الجميع، كما تجعل تعقُّب تلك الطلبات على الملأ أمرًا ممكنًا. وتتمثل الأداة الجديدة في ملحق يمكن تحميله وإضافته لمُتصفِّح شبكة الإنترنت، ويستطيع القارئ نقره أثناء قراءة أي ورقة بحثية يُريد أن يطّلع على البيانات الأساسية الخاصة بها؛ وذلك حسب قول جوزيف ماك آرثر، وهو قائد مُشارِك في المشروع، ومساعد مدير مجموعة المدافعين عن السياسات "ذا رايت تو ريسيرش كواليشن" The Right to Research Coalition (R2RC) في لندن.

بنقرة زر، تنشئ الأداة نموذج رسالة إلكترونية، يمكن للمُستخدِم إرسال هذه الرسالة إلى مؤلّفي البحث؛ حيث تطلب منهم الرسالة مشاركة البيانات الداعمة للبحث، وتشرح لهم كيفية القيام بذلك. وإذا كان المُستخدِم قد قام بإدخال المعلومات اللازمة، فستنص الرسالة أيضًا على فائدة مشارَكة تلك البيانات. ومن ثم، تُنشر جميع الطلبات في آن واحد على الموقع الإلكتروني الخاص بالأداة الجديدة، حيث يستطيع أي شخص التعليق على المُدخلات الموجودة، معلنًا احتياجه إلى البيانات ذاتها.

وإذا قام المؤلّف بالردّ على الطلب، إمّا بإرسال رابط، أو برفع ملف البيانات المطلوبة، "تطلب من المستخدمين بعد ذلك التأكيد على أن هذه البيانات هي المطلوبة فعلًا"، كما يقول ماك آرثر. ومن ثم، حسبما عقَّب، تقوم الأداة بمتابعة المؤلّفين، وتذكيرهم بالطلب مرة كل أسبوع لمدة أربعة أسابيع، بدءًا من تاريخ تسجيل الطلب. وفي حال عدم الاستجابة؛ يتم وضع علامة على الطلب المقدَّم بأنه "فشل".

مُوِّل المشروع في المقام الأول بمنحة بلغت قيمتها 25 ألف دولار أمريكي، قُدِّمَت من "مركز العلم المفتوح" Center for Open Science غير الربحي، الواقع في شارلوتسفيل في ولاية فيرجينيا؛ الذي وعد بتجميع أي ملفّات بيانات تُرسل إلى المستودع الخاص به "أوبن ساينس فريمورك" Open Science Framework. ويهدف ذلك إلى تحفيز المُشارَكة المفتوحة للبيانات، وهو أمر لا يزال غير سائد في مجال الأبحاث، كما يشير ماك آرثر؛ وإنْ كانت هناك دوريات كثيرة تطلب من المؤلِّفين حاليًّا نشر البيانات الخاصة بهم جنبًا إلى جنب مع أوراقهم البحثية.

ومن جانبه، يقول بيرند بولفيرير، رئيس تحرير دورية "ذا إيمبو" *The EMBO Journal* في هايدلبرج بألمانيا: "إنه لأمر جيد أن تلفت الأنظار إلى مشكلة مهمة، كمشكلة إتاحة البيانات، من خلال أداة تعمل بضغطة زر"، لكن الزرّ بمفرده "على الأرجح لن يستطيع إحداث ثورة بشكل فعلي"، كما يقول. فلا زال هناك الكثير من التردد ـ خاصّةً بين علماء الأحياء ـ حيال مُشارَكة البيانات بشكل مفتوح؛ بسبب التخوّف من التضرّر من المنافسة، وبسبب العمل الإضافي المطلوب لفعل ذلك، كما يقول. وفي النهاية، يأمل ماك آرثر في ألّا تصبح هناك حاجة إلى الزرّ يومًا ما، حين تصبح المُشارَكة المفتوحة للبيانات أمرًا سائدًا في مجال النشر العلمي، إلا أن التقدّم نحو هذه الخطوة قد يكون بطيئًا بعض الشيء. ولذا.. فهو يتوقع لهذه الأداة عمرًا طويلًا ونافعًا. ■

PLANET FLEM

إدارة

عندما تنحرف الوظائف عن المسار السليم

إنّ اضطرار الباحث الرئيس إلى فصل أعضاء المختبر ليس بالأمر السهل، ولكن ثمة وسائل لجعل العملية أقل إيلامًا لجميع المعنيين.

كريس وولستون

يحرص معظم الباحثين الرئيسين على سرد القصص والحكايات التي تثبت نجاحاتهم في مجال الإدارة، والتي عادةً ما تحكي عن باحثي ما بعد الدكتوراة، وطلاب الدراسات العليا، الذين واصلوا طريقهم؛ حتى أصبحوا نجومًا بارزة في مجال العلوم، ولكنْ هناك واقع علمي آخر، نادرًا ما يتطرق إليه النِّقاش، ففي بعض الأحيان تنهار العلاقة ما بين الباحث الرئيس، والعالِم المبتدئ، حتى تصل إلى مرحلة غير قابلة للإصلاح، أو أنْ تنفد الأموال التي توفِّر الدعم للمختبر، ومن ثم يضطر الباحث الرئيس إلى فصل ذلك الشخص من عمله.

لا شك أن هذه مسائل حساسة، وتصل حساسيتها إلى درجة تجعل القائمين على المختبرات يُحْجِمون ـ في أغلب الأحيان ـ عن النظر في هذا الخيار، ولكنْ هناك احتمال كبير بأنهم سوف يضطرون إليه في نهاية الأمر. تقول كارين بيترسون، مديرة مكتب تطوير المهن العلمية في مركز فريد هاتشينسون لأبحاث السرطان في سياتل بواشنطن: «لا بد لمعظم الباحثين الرئيسين من التعرض لهذا الأمر». وإذا وقع ذلك في بداية عمل المختبر، فمِن الممكن أن يؤدي إلى حدوث حالة من الارتباك فيما يتعلق بالوظائف. وتضيف بيترسون: «لا تكون لدى الباحثين الرئيسين الصغار أدنى فكرة عما يُفترض أن يقوموا به، وعادةً ما يرتكبون ما يُعرف بأخطاء البداية».

يقول الخبراء إنه يجب على الباحثين الرئيسين، إذا اضطروا إلى فصل طالب دراسات عليا، أو باحث من باحثي ما بعد الدكتوراة ـ سواء نتيجةً لسوء السلوك، ◄

اتَّخِذْ الاحتياطات اللازمة

كيف تحصِّن مختبرك؟

من الممكن أن تؤدي عملية فصل أعضاء المختبرات إلى تحطيم المستقبل الوظيفي لهم، وكذلك المساس بسمعة جميع الأشخاص المعنيين. ولذا.. ينبغي على الباحثين الرئيسين الصغار التقليل ـ بقدر الإمكان ـ من احتمال الاضطرار إلى فصل أي شخص من المختبر على الإطلاق، حسبما تقول كارين بيترسون، مديرة مكتب تطوير المهن العلمية في مركز فريد هاتشينسون لأبحاث السرطان في سياتل بواشنطن. وتحثّ بيترسون الباحثين الرئيسين على التفكير في تحصين مختبراتهم عند إجراء المقابلات مع الأعضاء المحتملين. والأهم من ذلك كله أن باحثي ما بعد الدكتوراة وطلاب الدراسات العليا المحتمَلين يحتاجون إلى معرفة القواعد الخاصة بالمختبر، والتوقعات المنتظَرة منهم. وكلما كانت تلك الأمور محددة بدقة؛ كان ذلك أفضل. تقول بيترسون: «عند دخول هؤلاء الأعضاء إلى المختبر، ينبغي أن يعرفوا جيدًا ما هو منتظَر منهم، ومن ثم يمكنهم الانسحاب إذا أرادوا». فإذا لم يرغب باحث ما بعد الدكتوراة أو طالب الدراسات العليا في التعامل مع الفئران، على سبيل المثال، أو في العمل مع باحث رئيس ينوي فرض رقابة لصيقة على عمله، فهناك مختبرات لن تكون بمثابة الاختيار المناسب له.

ولا ينبغي على الباحثين الرئيسين الشعور بالانزعاج، إذا ما قرَّر باحثو ما بعد الدكتوراة المحتمَلون العمل في مكان آخر، وفقًا لما تقوله بيترسون. وإذا وجد هؤلاء الباحثون الرئيسون أنفسهم يضجون بالشكوى من عدم وجود عدد كافٍ من باحثي ما بعد الدكتوراة الأكفاء، فربما يجب عليهم النظر في النهج الذي يتبعونه. تقول: «ربما تكون توقعاتهم غير واقعية».

وعندما يطفو أي نزاع على السطح، يمكن للتدخل المبكر أن يساعد في الحفاظ على تماسُك المختبر، كما توضح بيترسون، التي تؤكد على أنه «ينبغي على الباحث الرئيس التحدث مباشرة إلى الشخص المعنيّ على انفراد». ولا بد أن يركز الحديث على أخطاء محددة، ومدى تأثيرها على المختبر. وتحذر بيترسون بقولها: «لا تقل له: «إنك تتصرف مثل الحمقى»، ولا تقل شيئًا يثير غضبه. بإمكانك فقط أن تخبره أنه كان يصل إلى الاجتماعات الخاصة بالمختبر متأخرًا، ثم الْتزِم الصمت، وأنصِتْ إليه. ربما يخبرك بشيء يمكنك تغييره».

وبحكم عملها كمحقِّقة في المؤسسة التي تنتمي إليها، ترى بيترسون رأي العين كيف أن التشاور مع طرف ثالث محايد يمكن ـ في أغلب الأحيان ـ أن يساعد في تفادي حالة من حالات الفصل. وهي تقول: «يأتي الباحثون الرئيسون إليّ، لأنهم يريدون الاحتفاظ بشخص ما». ومن خلال إعطاء كل من الطرفين فرصة لشرح الأمور التي تؤرقه، تتمكن بيترسون في الغالب من إيجاد أرضية مشتركة؛ تكفي للحفاظ على تماسك المختبر واستمراريته. **كريس وولستون**

◀ أو ضعف الأداء، أو نقص التمويل ـ أن يتعاملوا مع الموقف بطريقة سليمة من الناحية العاطفية، وألّا يخرجوا عن إطار السياسة الموضوعة، والمتطلبات القانونية.. فإذا تمت عمليات الفصل بطريقة عشوائية، يمكنها أن تشوِّه سمعة الباحثين الرئيسين، وكذلك مَن يفقدون وظائفهم. وربما يفتح الباحثون الرئيسون الذين يقومون بفصل شخص من عمله بدون اتباع الإجراءات المناسبة بابَ الدعاوى القضائية على أنفسهم، ولذا.. عليهم أن يفهموا ويتبنُّوا السياسات الخاصة بمؤسساتهم، وأن يقوموا بالاطلاع على المسائل القانونية المتعلقة بالتوظيف، قبل المضي قدمًا. كذلك ينبغي على هؤلاء الباحثين تَبَنِّي نهج يؤدي إلى التخفيف من آثار الصدمة على جميع الأشخاص المعنيين إلى أقصى حد ممكن، فكلا الجانبين يمكنهما تَجاوُز آثار إجراء الفصل، إذا جرت العملية بعناية وحرص.

قرارات صعبة

شَعُر أحد علماء الأحياء البريطانيين بالاستياء، عندما وجد أحد طلاب الدراسات العليا العاملين في مختبره يحتفظ بمشروب «التيكيلا» الكحولي في أحد الأدراج في المختبر، وكذلك عندما رفض ذلك الطالب تدوين الملاحظات في أحد الاجتماعات، وتعامَل بعبثيّة مع كل إجراء تمت مناقشته. وجد ذلك العالِم، الذي رفض ذكر اسمه ـ كدلالة على الوصمة التي أحاطت بهذه المسألة ـ أن تلك الأخطاء وغيرها ترْقَى إلى أن تكون أسسًا يمكن الاستناد إليها في فصل ذلك الطالب. ورغم أن ذلك الطالب كان يُظهِر حماسًا شديدًا تجاه موضوع البحث، فإنه لم يترجم ذلك الحماس إلى إنتاجية. ونظرًا إلى أن ذلك العالِم كان جديدًا في وظيفة «باحث رئيس»، فإنه لم يتحمل ذلك النوع من التقاعس في مختبره. يقول العالِم: «لم يكن ذلك الطالب ينتج أي بيانات قابلة للاستخدام، وكان يهدر الكثير من الوقت الثمين الخاص باستخدام الأجهزة».

> **«يميل العلماءُ إلى إظهار قَدْر كبير من الاحترام تجاه بعضهم بعضًا بشكل يَحُول دون الوضوح في التواصل».**

ويوضِّح الباحث الرئيس أنه مَنَحَ الطالب كثيرًا من الفرص؛ لتحسين أدائه، وكان مِن بين ذلك.. إعطاؤه توجيهات تدريجية، لكي يتمكن من الالتزام بالتوقعات التي ينتظرها منه المختبر. وعندما لم يلتزم الطالب بتلك التوجيهات، أخذ الباحث الرئيس يسجل بالوثائق كل خطأ يرتكبه، مثل جداول البيانات التي لم يقم بتصويبها، والتجارب التي تكاسل عن إجرائها.

في أعقاب ذلك.. قام الباحث الرئيس بدعوة اللجنة المشرفة على رسالة الطالب إلى عقد اجتماع خاص، تم فيه إبلاغ الطالب بأن أداءه لم يكن مقبولًا. وأعقب ذلك الاجتماع بشهرين ما يمكن أن يُطْلَق عليه اجتماع الفرصة الأخيرة. كان الطالب لا يزال في عامه الدراسي الأول، مما جعل قرار فصله أقل صعوبة.

ومِن المفترض في هذه الجامعة ـ كما هو الحال في كثير من الجامعات الأخرى في المملكة المتحدة ـ أن يُظهِر الطلاب «تحسنًا مقبولًا»، قبل بدء عامهم الدراسي الثاني. يقول عالِم الأحياء المذكور آنفًا: «ننصح جميع الباحثين الرئيسين الجدد بأخذ مسألة التحسن هذه بجدية شديدة، فالتعامل مع الطلاب غير الأكفاء يكون أسهل في تلك الفترة».

تقدَّمْ بحرص!

يقول الخبراء إنه إذا لم يرتكب الطالب أو باحث ما بعد الدكتوراة مخالفة جسيمة لميثاق الأخلاق العلمي، أو النظام المطبَّق في مكان العمل، مثل اختلاق بيانات، أو التعدي على عضو آخر في المختبر، فعلى الباحث الرئيس أن يتعامل مع احتمال فصل ذلك الطالب أو الباحث ببطء وتؤدة، مع الحرص على توثيق ما يلزم. تقول بيترسون: «ينبغي عليك أن تبدأ أولًا بالحديث مع الطالب أو الباحث، فذلك يُعَدّ بمثابة تحذير شفهي، تَنْقِل إلى الطالب من خلاله الفكرةَ التالية: «هذا وَضْعك الآن، وذلك هو الوضع الذي أنتظر منك أن تصل إليه»». وينبغي أن يتضمن ذلك التحذير خطوات محددة وقابلة للتقييم، ينبغي على عضو المختبر الالتزام بها؛ لكي يتأقلم مع إيقاع العمل في المختبر. أما إذا لم يتمكن العضو من الوفاء بتلك المعايير المرجعية، فيجب على الباحث الرئيس تحرير إنذار خَطِّي، ينص بوضوح ـ من جديد ـ على الخطوات المطلوبة للوفاء بالتوقعات، فإذا لم يتحسن الوضع؛ يجب على الباحث الرئيس البدء في اتخاذ سلسلة طويلة من الخطوات نحو اتخاذ قرار الفصل، وهي العملية التي تختلف باختلاف المسمى الوظيفي، والمنصب الذي يشغله عضو المختبر المعنِيّ.

وبشكل عام.. لا يُعتبَر طلاب الدراسات العليا بمثابة موظفين، ولكنهم مع ذلك يتمتعون بالحماية، بفضل سياسات المؤسسة. ويجب على الباحثين الرئيسين الراغبين في فصل طالب دراسات عليا الحصول على الموافقة من لجنة الإشراف على الرسالة، أو مِن برنامج التخرج، التابع للقسم العلمي، وهي عملية تزداد صعوبتها عندما يتمكن الطالب من اجتياز الاختبارات المؤهلة، أو يكون قد تم قبول أوراقه لعام دراسي ثانٍ. وعندما يَسترجِع عالِم الأحياء الإنجليزي ذلك الموقف، يخالجه شعور بالرضا، لأنه كان يَعقِد لقاءات دورية مع الطالب المذكور منذ البداية، مما أتاح له الفرصة لاكتشاف الخلل مبكرًا. يقول: «عندما لم يستجب الطالب للمساعدة والنصح، كان لدينا فترة كافية للمُضِيّ في الإجراءات الرسمية، قبل انتهاء المهلة المحددة بعام واحد».

وعلى النقيض من ذلك.. يُعتبر باحثو ما بعد الدكتوراة ـ بصفة عامة ـ بمثابة موظفين عاملين في مؤسساتهم، ومن ثم ينتمون إلى فئة مختلفة. تقول ستيفاني كافيرا ـ الشريكة في مكتب المحاماة الدولي «نيكسون بيبودي» Nixon Peabody في روتشستر بنيويورك ـ إن الأمان الوظيفي لهؤلاء الباحثين في الولايات المتحدة يكمن ـ بشكل شبه كامل ـ في عقودهم. وتوضِّح أنه لو لم يكن هناك عقد مبرَم، «فإنك لن تحصل على أي حقوق في وظيفتك». ومع ذلك.. فإن موظفي المختبرات في المملكة المتحدة يتمتعون بالحماية، ليس من خلال الحقوق التعاقدية فحسب، ولكن أيضًا من خلال قانون يحظر الفصل

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

التعسفي لأي شخص تم تعيينه في الوظيفة ذاتها لمدة عامين اثنين، حسب ما تقول جين بيفورد، الشريكة في مكتب المحاماة «فيل واسبرو فيزاردز» Veale Wasbrough Vizards في برنجهام بالمملكة المتحدة. تقول بيفورد: «لا بد أن يكون لديك سبب عادل للفصل». ويمكن أن يتضمن ذلك عجزًا في الميزانية، أو ضَعْفًا في الأداء، أو سوء السلوك في المختبر، على أن تكون تلك المخالفات مُوَثَّقة بالأدلة.

ومع ذلك.. فإن كثيرًا من عقود باحثي ما بعد الدكتوراة تتضمن فترة اختبار مبدئية، مدتها 6 أشهر، يمكن خلالها فَصْلهم بسهولة نسبيًّا. بعد ذلك.. يجب على الباحث الرئيس تقديم وثائق وأَدِلَّة إلى إدارة الموارد البشرية بالمؤسسة؛ لتبرير أي قرار من تلك النوعية. كما أن باحث ما بعد الدكتوراة سوف يكون في حاجة إلى مهلة كافية ـ لا بد من النص عليها صراحة في العقد ـ للبحث عن وظيفة أخرى. تقول بيترسون إنه في مركز «فريد هاتشينسون» يكون لباحثي ما بعد الدكتوراة الحق في الحصول على إنذار الفصل قبل الموعد المحدَّد للاستغناء عنهم بستة أشهر، إلا إذا كانوا قد ارتكبوا أمرًا خطيرًا يستدعي فصلهم في الحال.

ويمكن أن تصبح العواقب وخيمة في حالة القيام بتصرف خاطئ يتعلق بإجراءات فصل الباحثين. ففي كل من المملكة المتحدة والولايات المتحدة، بإمكان باحثي ما بعد الدكتوراة رفع دعاوى قضائية ضد الجامعات، نتيجة لارتكاب خطأ في إصدار قرار الفصل. وتوضح بيفورد أنه بإمكان الموظفين في المملكة المتحدة الطعن على قرارات الفصل أمام محكمة للتوظيف الحكومي، وإذا وجدت المحكمة أنه قد تم فصلهم بشكل غير عادل، فقد تُلْزِم الجامعة أو المؤسسة بسداد غرامة قد تصل إلى راتب سنة كاملة للموظف. أما في الولايات المتحدة، فربما تتكبد المؤسسة تكلفة أكبر بكثير من جرّاء تلك النوعية من القضايا. تقول كافيرا: «تمثِّل الجامعات لقمة سائغة للمُدَّعِين ومحامِيهم». ورغم أن بعض الولايات ـ ومن ضمنها نيويورك ـ تتيح للموظفين مقاضاة باحثيهم الرئيسين مباشرة، ففي معظم الحالات تجد الجامعات نفسها متورطة في سداد التعويضات. ورغم أن الباحث الرئيس ربما لا تواجهه مشكلة دفع غرامات، فإن التشويه الذي ينال من سمعته يمكن أن يكون جسيمًا، حسبما تقول كافيرا.

وفي كثير من الدول، بإمكان العمال الذين تم فصلهم رفع دعاوى بتهمة التمييز، إذا شعروا بأن الاستغناء عنهم كان نتيجة لنوع الجنس، أو السن، أو العِرْق، أو غيرها من الأسباب الأخرى التي لا صلة لها بالعمل. تقول كافيرا إن هذا السيناريو يؤكد أهمية التوثيق، فالاحتفاظ بسجلات كاملة ودقيقة تتضمن جميع المخالفات التي تُرْتَكَب في المختبر قد يمثل يومًا ما مصدرًا مهمًّا للدفاع عن المؤسسة في دعاوى التمييز.

وحتى في حالة عدم وقوع نزاع، فإن الباحثين الرئيسين ربما يضطرون إلى فصل أعضاء المختبر، عندما تنفد الأموال بشكل غير متوقَّع. اضطر دارين بوهنينج ـ عالِم الأحياء الجزيئية بجامعة تكساس في هيوستن ـ مرتين إلى الاستغناء عن بعض باحثي ما بعد الدكتوراة على مضض، عندما نفدت أموال المِنَح قبل الأوان. وفي إحدى هاتين المرتين، تلقَّت الباحثة إخطار الفصل قبل الموعد المحدد للاستغناء عنها بشهر واحد. يقول بوهنينج: «ينص كل عقد من عقود باحثي ما بعد الدكتوراة التي رأيتها على أن الوظيفة تعتمد على توفُّر التمويل». وفي تلك الحالة تحديدًا، سمع بوهنينج أن ثمة زملاء له يبحثون عن أحد باحثي ما بعد



عالِم الأحياء الجزيئية دارين بوهنينج يعمل مع طالبة الدراسات العليا م. إيفيث جارثيا.

SCOTT COLLUM

الدكتوراة، ومن ثم تمكنت تلك الباحثة التي تم فصلها من الانتقال إلى مختبَر آخر. وفي نهاية الأمر، استقرت تلك الباحثة في وظيفة عضو هيئة تدريس، تمامًا كما حدث مع الباحث الآخر الذي تم تسريحه قبل الموعد المحدد. يقول بوهنينج: «يجب عليك أن تساعدهم على الانتقال إلى مكان آخر، إذا كان ذلك بإمكانك». وبهذه المساندة، لا يسهم الباحث الرئيس في إنقاذ المستقبل الوظيفي للشخص الذي تم فصله فحسب، وإنما أيضًا يتمكن من حماية سمعته الشخصية.

التواصل بوضوح

نادرًا ما يَترك طلاب الدراسات العليا وباحثو ما بعد الدكتوراة بمختبر علم الأحياء الجزيئي الأوروبي «EMBL» في هايدلبرج بألمانيا مختبراتهم قبل نهاية عقودهم، حسبما تقول هيلك هيلبراند، المنسق الأكاديمي وعميد الدراسات العليا. فعندما تنقضي فترة الاختبار الخاصة بهم، التي تستمر لمدة عام، يصبح طلاب الدراسات العليا بمثابة متعاقدين مع المؤسسة، وذلك يعني أن أي إجراء للفصل يجب أن يتضمن إشراك إدارة الموارد البشرية، ومكتب الدراسات العليا في اتخاذ القرار. تقول هيلبراند: «لا يكون هؤلاء الطلاب والباحثون معتمِدين اعتمادًا كاملًا على مشرفيهم في تحديد مصائرهم».

وكما هو الحال في مؤسسات أخرى في المملكة المتحدة وفي القارة الأوروبية ككل، يُلْزِم مختبر علم الأحياء الجزيئي الأوروبي طلاب الدراسات العليا بالانتهاء من درجاتهم العلمية في غضون أربعة أعوام، وهي القاعدة التي تضع ضغوطًا على الجميع؛ من أجل الحفاظ على علاقة جيدة ما بين الطلاب ومشرفيهم. وكما تقول هيلبراند، إذا تحتم على الطالب تغيير المختبرات، بعد أن قطع أكثر من نصف مشواره التدريبي، فسوف يكون نجاحه في الانتهاء من رسالته في الموعد المحدد شبه مستحيل. لذا.. فبعد أن تَستثمِر المؤسسة الكثير من المال والجهد في إعداد الطالب، تجد نفسها مدفوعة بشدة نحو التوسط لإنهاء أي نزاعات قد تنشأ بين الطلاب وباحثيهم الرئيسين. تقول هيلبراند: «الطلاب يمثلون مصدرًا ثمينًا للبحوث. ومن ثم، فإن ذلك يحمي الباحث الرئيس، والطالب أيضًا».

ويُذكر أن عالِم الوراثة كوين فينكن افتتح مختبره بكلية بايلور للطب في هيوستن في عام 2014. ومنذ ذلك الحين، قام فينكن بفصل ثلاثة من أعضاء المختبر. فعندما لاحَظَ في البداية بعض التقاعس، وضعف الإنتاجية؛ قام بجمع أفراد الفريق، وأوضح لهم ما يتوقعه منهم. وبعد أن لاحظ فينكن تقدمًا محدودًا، قام بإعادة العرض مرة أخرى بعد ستة أشهر. يقول: «كان لديهم وقت كافٍ للتعرف على نقاط الضعف التي يعانون منها، والعمل على علاجها». وأخبر فينكن أفراد الفريق أنه لن يكون هناك عرض تقديمي ثالث لتحذيرهم. ويضيف قائلًا: «أوضحت لهم كذلك أنني أشعر بسعادة غامرة للتعاون معهم من أجل التغيير نحو الأفضل».

وعندما يسترجع فينكن تلك الأحداث، يرى أنه كان بإمكانه تفادي مسألة الفصل، لو كان أكثر صراحةً ووضوحًا بشأن المعايير التي يريد تطبيقها، قبل توظيف أي شخص في المختبر (انظر: «كيف تحصِّن مختبرك؟»). ويعكف فينكن حاليًّا على صياغة خطاب اتفاق رسمي، يكون مستوفيًا وشاملًا لجميع التوقعات بعبارات صريحة وواضحة، على أن يلتزم الأعضاء المنضمون إلى المختبر في المستقبل بتوقيع ذلك الخطاب، قبل بدء العمل.

ويرى كريستوفر إدواردز ـ مدرب الوظائف العلمية بشركة «ستيل بوينت للتدريب والاستشارات» في بوسطن بولاية ماساتشوستس، والمؤسِّس المشارك ورئيس التحرير السابق لدورية «*Nature Biotechnology*» ـ أنه عندما يضطر باحث رئيس إلى فصل أحد أعضاء المختبر، فمن المهم التقليل ـ بقدر الإمكان ـ من عنصري الإثارة والتهويل، من خلال استخدام نهج احترافي مباشر. يقول إدواردز: «إنك تخاطر بأن تجعل شخصًا ما يشعر بغضب شديد تجاهك بعد رحيله من مختبرك. اضطر أحد عملائي إلى الحصول على أمر قضائي بعدم التعرض له من قِبل طالب سابق من طلاب الدراسات العليا». كما عَلِم إدواردز بحالة أخرى، قام فيها موظف سابق في أحد المختبرات بمقاضاة الباحث الرئيس بتهمة الانتحال، نتيجة لشعوره بالسخط، نظرًا إلى أن الباحث الرئيس قام بنشر ورقة بحثية، دون إدراج اسم ذلك الشخص.

ترى كافيرا ـ من خلال تجربتها ـ أن حالات الفصل التي تتم بطريقة فوضوية يمكن غالبًا أن تُعزى إلى نقص الوضوح والشفافية منذ البداية، وتقول: «يميل العلماء إلى إظهار قدر كبير من الاحترام تجاه بعضهم بعضًا بشكل يَحُول دون الوضوح في التواصل. وعادةً ما يكون حديثهم غير واضح، أو غير مباشر. إنني أودّ أن أشجع العلماء على أن يكونوا أكثر وضوحًا في حديثهم. وللأسف، يَفترِض الناسُ أنهم يبلون بلاء حسنًا في أعمالهم، إلى أن تخبرهم بخلاف ذلك».

لا تخطر فكرة الفصل من المختبر على الأرجح ببال معظم الباحثين الصغار، إلى أن يجدوا أنفسهم في مختبر لا ينتِج. وتجعل حالةُ الصمت المحيطة بهذه المسألة من الصعب على الباحثين الرئيسين أن يتوقعوا حدوث نزاع في مختبراتهم، أو أن يتمكنوا من التعامل مع مثل هذه الأمور. ويأمل فينكن أن يستطيع الباحثون الرئيسون الآخرون الاستفادة ـ ولو قليلًا ـ من تجربته، ويقول: «المسألة حساسة للغاية، ولكن إذا لم يرغب الجميع في الحديث عنها؛ فلن يستطيع أحد الاستفادة منها». ■

كريس وولستون كاتب حُرّ من بيلينجز، مونتانا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



IZABELA HABUR

تساعد الفصول الدراسية وحلقات البحث المتدربين في حصولهم على أقصى استفادة من برامج التطوير المهني.

التخطيط للمستقبل المهني

أوان التفكير في المستقبل

إنّ خُطَط التطوير المهني قد توجِّه الباحثين نحو مسارات لا يتوقعونها، ولكنهم يلتزمون بها.

بول سماجليك

في عام 2014، جلس مايكل بوريل أمام شاشة الكمبيوتر؛ ليجيب على بعض الأسئلة الموجودة على شبكة الإنترنت، التي تناولت قدراته واهتماماته العلمية. وعندما ذكر مهارته في التحليل الإحصائي، واستمتاعه بتقديم نتائج البحث العلمي للجمهور غير المتخصص؛ جاءت النتيجة لتقترح عليه العمل في مجال السياسات العامة، وهو المجال الذي لم يكن يحظى باهتمامه؛ فترك النتيجة جانبًا.

تَعَرَّض بوريل ـ طالب الدكتوراة، الذي يدرس الخلايا الجذعية بجامعة نيويورك ـ إلى برنامج الأسئلة السابق مرة أخرى ضمن دورة تدريبية متعلقة بإيجاد خيارات وظيفية؛ لكن البرنامج اقترح عليه العمل في مجال الكتابة العلمية هذه المرة؛ فاستوقفه الاقتراح، وساعده مدرب البرنامج والضيوف المتحدثون على تحديد طرق، يمكنه من خلالها أن يتدرب؛ ليحصل على وظيفة في هذا المجال.

ومنذ ذلك الحين.. حضر بوريل حلقة بحث عن الكتابة العلمية، وتحدث إلى صحفيين علميين عن الكيفية التي تدربا بها على هذه المهنة، وكيف تفوَّقوا فيها، كما حضر مؤتمرات لكتاب علميين. ويتدرَّب بوريل حاليًّا ككاتب علمي في «مؤسسة ألبرت وماري لاسكر» في نيويورك سيتي، التي تدعم البحوث الطبية، ويقول إن برنامج التطوير الوظيفي وتدريباته كان من أكثر ما تَعَلَّمه فائدة قبيل تخرجه، فقد ساعده الاثنان معًا على تحديد مهنة تصلح له، وأرشداه إلى ورشات العمل، والفصول الدراسية، وفترات التدريب التي كانت كلها بمثابة نقطة البداية في مشوار نجاحه.

وتوضح تجربة بوريل وعود برامج التطوير الوظيفي ومشكلاتها، التي تُعرف باسم «خطط تطوير الفرد» IDPs في الولايات المتحدة الأمريكية، وباسم «خطط تطوير الباحثين»RDFs في المملكة المتحدة وأوروبا. وتهدف هذه البرامج ـ المتاحة في نُسَخ ورقية، وعبر شبكة الإنترنت ـ إلى مساعدة المتدربين على تحديد مجالات العلوم التي يفضلونها، وتعمل على التوفيق بينهم وبين المهن التي تحظى باهتماماتهم، وتناسب مهاراتهم، وتساعدهم أيضًا على تحديد مَواطن الكفاءة التي يحتاجون إليها.

وقد تكون هناك إصدارات معقدة من برامج التطوير الوظيفي، مثل برنامج الأسئلة المتعددة، الذي تَعَامَل معه بوريل، وقد تكون بسيطة، كمحادثة قصيرة مع مشرف، تليها خطة تدريب مكتوبة. وأيًّا كان البرنامج المتَّبَع، سواء أكان خطة التطوير الفردي، أم خطط تطوير الباحثين، فكلاهما قد يقود الباحثين إلى المسار الخطأ، أو إلى طرق مسدودة، إذا ما تعاملوا مع البرنامج بشكل فردي، دون متابعة. وينبغي على صغار الباحثين الذين يأملون في استثمار قيمة خطة التطوير المهني أن يستكملوا هذه البرامج، باعتبارها جزءًا من دورة بناء المستقبل المهني، وأن يناقشوا هذه البرامج مع زملائهم والمشرف الأكاديمي، وأن يطَّلِعوا عليها دائمًا. (انظر: «مخطَّط المستقبَل المهني»).

وعلى الرغم من أن خُطَط تطوير الفرد تُعَدّ أمرًا اعتياديًّا في القطاع الخاص، فإن القوى العاملة في مجال البحث العلمي اتبعتها مؤخرًا. وقد قدمت مؤسسة «فيتاي» Vitae ـ التي تتخذ من المملكة المتحدة مقرًّا لها، وتقوم بتدريب الباحثين وتطويرهم في شتى أرجاء العالم ـ برنامجًا لخطط تطوير الباحثين في عام 2009. وأوصت المعاهد الوطنية للصحة بالولايات المتحدة الأمريكية في عام 2013 بأن يَستخدِم الباحثون الرئيسون هذه البرامج مع باحثي ما بعد الدكتوراة والخريجين الذين يشرفون عليهم. وأنشأ «اتحاد الجمعيات الأمريكية للأحياء التجريبية» FASEB نموذجًا للإصدار الورقي. وقدَّمَت «الجمعية الأمريكية لتقدُّم العلوم» AAAS إصدارًا عبر شبكة الإنترنت، يُسمى myIDP، وقدَّمَت مؤسسات عديدة أخرى إصدارات خاصة بها.

تحرّر من الانحياز

يقول بعض المتدربين إن برامج خطط تطوير الفرد التي تقدِّمها المؤسسات التي يعملون بها مُعَدَّة ومكتوبة للوظائف الأكاديمية. وبالتالي، فهم يحذرون من أنه إذا لم يعرض الباحث الرئيس ـ أو المشرف ـ خيارات وظيفية أخرى؛ فسيكون من الصعب الحصول على نتائج فعالة من البرنامج. وتجدر الإشارة إلى أن جاري ماكدويل ـ وهو باحث ما بعد الدكتوراة بجامعة تافتس في ميدفورد بماساتشوستس ـ يُكمِل خطة تطوير فردي بشكل سنوي، ويناقشها مع باحثه الرئيس. ويذكر ماكدويل أن البرنامج وباحثه الرئيس موجهان إلى الناحية الأكاديمية؛ ولذلك.. فهو يحاول أن يكون واقعيًّا بشأن القيمة التجريبية للخطة. ويضيف قائلًا: «من المُجدِي أن تحدِّد المؤتمرات التي تنوي حضورها، والأوراق البحثية التي تخطِّط لها، والمهارات التي تحتاج إلى تطويرها. وفي النهاية، أعتقِدُ أنّ تَأمُّل أهدافك الوظيفية، وتحديد أوجه النجاح في السنة الماضية، وما تحتاجه في السنة التالية، يُعتبر أمرًا مفيدًا، بغضّ النظر عما تشعر به تجاه مسارك الوظيفي؛ لأن بعض الأشخاص لا يحظون بالإشراف المناسب».

ولا يكاد يوجد تحفيز رسمي للباحثين من أجل إكمال برنامج خطط تطوير الفرد، أو برنامج خطط تطوير الباحثين، فالمعاهد الوطنية للصحة لا تتابع توصياتها، ولا تطالب كل المؤسسات المتدربين باستخدام أي منهما، ولا يوجد تفويض لاستخدامه في أي دولة. ووفقًا لتقرير صدر في عام 2014، ذكرت نسبة 47% فحسب من الباحثين الرئيسين ـ في استطلاع قامت به الجمعية الوطنية لباحثي ما بعد الدكتوراة في الولايات المتحدة الأمريكية ـ أنهم طلبوا من باحثيهم أن يكملوا برنامج خطط تطوير الفرد (انظر: /go.nature.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مخطط المستقبل المهني

كيف تبدأ أُولَى خطواتك على الطريق الصحيح

إذا كنت طالبًا، أو باحث ما بعد الدكتوراة، ولا يودّ مشرفك أن يساعدك، أو لا يستطيع إفادتك في اختيار برنامج خطط تطوير الفرد، أو برنامج خطط تطوير الباحثين؛ فإليك بعض النصائح والإرشادات التي قد تساعدك في البدء في البرنامج، واستكماله.

- استعن ببرنامج متاح على شبكة الإنترنت، مثل myIDP (http://myidp.sciencecareers.org)، أو مخطط تطوير الباحثين RDF Planner (https://rdfplanner.vitae.ac.uk)؛ حيث تعمل هذه البرامج بكفاءة في ظل توفير متابعة من مشرف، وحتى في غيابه، تستطيع هذه البرامج تحديد نقاط القوة في المجال العلمي، والتفضيلات المهنية، واقتراح مسارات مهنية ممكنة، وعرض مقالات عن كيفية التدرب للتأهل لهذه المسارات.
- تَواصَلْ مع زملائك باستمرار، للنِّقَاش حول ما توصلتم إليه في برنامج خطط تطوير الفرد، فغالبًا ما يقدم زملاؤك آراء ثرية عن اهتمامات كل شخص، ومهاراته القابلة للنقل، وقد يكون بإمكانهم الإشارة إلى مصادر للتدريب.
- انْضمّ إلى شبكة اجتماعية كبيرة، فقد تستفيد من هذا عندما يشكِّك بعض الطلاب وباحثو ما بعد الدكتوراة في تحيُّز مشرفهم لمسار أكاديمي بعينه. ويجب عليك الاهتمام بحضور اجتماعات محلية وإقليمية لمنظمات مهنية في المجال المفضَّل لديك، والبحث عن خريجين من مؤسستك ممن يعملون في المجال المنشود؛ لتتواصل معهم (يمكنك الاستعانة في ذلك بمكتب خريجي الجامعة).
- الْتَزِمْ بخطَّتك، فبرنامج خطط تطوير الفرد لا طائل منه، إذا لم تستفد به. واتبع الخطوات التي يحدِّدها ـ من اكتساب المهارات، وحضور الدورات التدريبية وحلقات البحث وورشات العمل ـ لتعويض ما ينقصك من قدرات.
- راجِعْ خطَّتك باستمرار، وتَحَقَّقْ من مدى تقدُّمك، وقم بتحديث مهاراتك أو خبراتك التي اكتسبتها، التي قد تساعدك في بحثك الوظيفي، وضَعْ أهدافًا جديدة، وحَدِّدْ مواعيد لإنجازها. **بول سماجليك**

awsupm)، وشجع 37% منهم فقط على استخدام هذه البرامج، حسبما أفاد التقرير.

ويذكر فيليب كليفورد ـ وكيل كلية علوم الصحة التطبيقية للشؤون البحثية بجامعة إيلينوي في شيكاغو، الذي ساعد في تطوير إصدارات البرنامج الخاصة بكل من «اتحاد الجمعيات الأمريكية للأحياء التجريبية»، و«الجمعية الأمريكية لتقدُّم العلوم» ـ أنه لا ينبغي على المتدرب أن يقتصر على الاشتراك في البرنامج، بل ينبغي عليه أيضًا أن يتابع خطة التطوير المهني الخاصة به. وأفاد بأن أكبر خطأ يرتكبه المستخدمون هو أن يعتبروا البرنامج نهاية المطاف، بدلًا من اعتباره نقطة انطلاق. وقد أدار كليفورد 200 ورشة لبناء مستقبل مهني، حيث تشتمل كل منها على تضمين خطة للتوظيف، واستخدامها في الوصول إلى نتائج فعلية.

وقد قامت لينا ديمبرج ـ التي حضرت دورات كليفورد ـ باتباع التعليمات بحذر، ووجدت البرنامج مثمرًا. وباعتبارها باحثة ما بعد الدكتوراة في مجال السرطان بجامعة كولورادو في دنفر، أدركت أنها لم تود الاستمرار في العمل في البيئة الأكاديمية، لكنها لم تكن متأكدة من الخيارات المتاحة لها، وعندما أكملت برنامج خطط تطوير الفرد، تحت إشراف كليفورد، اكتشفت أن أقوى مهاراتها ـ وهي كتابة المقترحات والأوراق البحثية، وقراءة المقالات، ومناقشة الأبحاث ـ أوجدت لها أساسًا متينًا لوظائف متعددة، لها صلة بالعلوم، كان من بينها الكتابة العلمية في مجال الطب.

وكان من ضمن البرنامج التدريبي الذي طَوَّره كليفورد، أنْ تَعْقِد ديمبرج اجتماعات مع باحثين؛ لأداء مهام أشار إليها برنامج خطط تطوير الفرد، باعتبارها احتمالات وظيفية. وأدَّت إحدى المناقشات التي جرت أثناء الاجتماعات إلى توفير وظيفة كاتبة في شركة أجهزة طبية لديمبرج، بعدما انتهت من أبحاث ما بعد الدكتوراة، وهي تعمل الآن باحثة أولى بالشركة. وتدين ديمبرج بالفضل إلى برنامج خطط تطوير الفرد، وورشة العمل، حيث ساعداها على تحديد أهدافها الوظيفية، ومَنَحَاها الثقة اللازمة لتسويق نفسها لهذه الوظيفة. وأردفت قائلة: «إن برنامج خطة تطوير الفرد يُبَصِّرك باختيارات الوظائف المتاحة، التي تجمع بين اهتمامك بالعلوم، ومهاراتك واهتماماتك الأخرى».

التوقيت المناسب

قد يعرِّفك أحيانًا البرنامجُ بالمسار الذي يناسبك؛ لكن هذا لا يعني استعدادك لأنْ تسلكه في الحال. فعندما تَخَرَّج ناثان فاندرفورد، وأصبح باحثًا لما بعد الدكتوراة، شجعه الباحث الرئيس على إكمال برنامج خطط تطوير الفرد، الذي يضمن له وظيفة أستاذ دائم في الجامعة، على الرغم من عدم تأكده مما إذا كان على المسار الصحيح، وصرح قائلًا: «حصلتُ على خطة، شعرتُ من خلالها أنها لا تتوافق مع المسار المهني الذي أرغبه». وقد قضى بعد ذلك سنوات، يعمل في مهن أخرى، مثل تبسيط العلوم لغير المتخصصين، وعلوم إدارة البحوث.

ومؤخرًا، عاد فاندرفورد إلى النقطة التي بدأ منها، إذ يعمل حاليًّا كعضو هيئة تدريس بجامعة كنتاكي في لمدينة يسكينجتون، كما يشغل منصبًا إداريًّا، وهو ما لم تتوقعه نتائج برنامج خطط تطوير الفرد منذ وقت طويل، كما أنه يقوم بتدريس مقرر عن التطوير المهني، يحتوي على أفضل مبادئ البرنامج. وفي هذا الصدد، يعلِّق قائلًا: «لم أستفد كثيرًا من برنامج خطط تطوير الفرد في الوصول إلى وظيفتي الحالية. ولذا.. أود أن أقدم للطلاب آليّة تتيح لهم استكشاف أي خيار وظيفي يرغبون فيه بِحُرِّيَّة». ■

بول سماجليك كاتب حُرّ، مقرُّه في ميلووكي، ولاية ويسكونسن.

النشر العلمي

تأمُّل وضع مسودات الأبحاث العلمية

تستطلع ثلاثة تعقيبات ما إذا كان مِن المستحسَن أن ينشر العلماءُ في مقتبل مسيرتهم المهنية نُسَخًا من مسوداتهم البحثية للجمهور، قبل أن تقبلها الدوريات، أمْ قبل تسليمها إليها (انظر: G. McDowell (*F1000Research* **5**, 294; 2016)، إذ يبحث المؤلفون ـ الذين من بينهم زمرة من العلماء، وأعضاء هيئة التدريس الجُدد، وباحثو ما بعد الدكتوراة ـ فيما إذا كان وضع العمل على خوادم نشر ما قبل الطباعة سيمثل فرصة سانحة للباحثين الشباب، أم سيعرِّضهم للخطر.

تعتري العلماء في مقتبل مسيرتهم المهنية مخاوف حول كيفية إقناع زملائهم بورقة بحثية منشورة لم تُطبع بعد، لِمَا لاقوه من تجاهل أو انتقاد على وسائل التواصل الاجتماعي، أو من كبار العاملين في المجال، بيد أن النشر الإلكتروني للأبحاث قبل الطباعة يُمَكِّنهم من البرهنة على إنتاجيتهم للأبحاث، بدون الالتزام بأُطر زمنية للنشر، لا يمكن التنبؤ بها. وليس من الواضح كيف يأخذ مراجعو طلبات المِنَح أو لجان التعيين والترقية الأوراق البحثية التي لم تُطبع بعد في الحسبان، بل ويَنتاب الكثير من الباحثين القلق، خشية أن يَستخدم المنافسون البيانات؛ ويسبقونهم حينئذ إلى النشر. يقول أحد المؤلفين، الذي يُرجع الفضل في بحثه الذي نُشر قبل طباعته إلى بدء عمل اتصالات، كان من شأنها أن عجّلت ما تلا من أعمال، إنَّ الكشف المبكر عن الأبحاث ربما يؤدي إلى التعاون المثمر.

وتتصل هذه التعقيبات باجتماع تعجيل العلوم والنشر في مجال علم الأحياء الذي عُقد في فبراير الماضي في تشيفي تشيز، ميريلاند.

التدريب

باحثو ما بعد الدكتوراة سيتلقون تعليمهم عبر الإنترنت

تهدف مجموعة من العلماء الأمريكيين البارزين من القطاعات الأكاديمية، والحكومية، والصناعية، والقطاعات التي لا تهدف إلى الربح إلى إنشاء مركز للتدريب عبر الإنترنت؛ بغية جمع موارد للتطوير المهني لباحثي ما بعد الدكتوراة، إذ ينتهي المطاف بجُلّ باحثي ما بعد الدكتوراة في وظائف بعيدة عن المختبر، ويتلقون التدريب في مجال التطوير المهني بصورة غير منتظمة في بعض المؤسسات، دون غيرها. وسوف يكون هذا المركز بمثابة مستودع لخطط الدروس والمواد (بما فيها أداة خطة التنمية الفردية، ودفتر عمل للتطوير المهني، متوفر عبر الإنترنت، أو من خلال المؤسسات المُضيفة)، والموارد (مثل قائمة تضم مستشاري التدريب المعتمدين)؛ لمساعدة الجامعات في إنشاء برامج تطوير مهني، على أن يجري التحقق من كل هذا المحتوى ومراجعته من قِبَل الأقران. وسوف تتناول إحدى اللجان التوجيهية قضايا بعينها، مثل الجمهور المستهدَف في الخطط الموضوعة للدروس، وكيفية فحص المواد، والتحقق من مستشاري المهن بدقة. وقد تعهدت «الجمعية الأمريكية للكيمياء الحيوية والبيولوجيا الجزيئية» في روكفيل بميريلاند بدعم تطوير المركز بالتمويل المالي، وكذلك بجزء من وقت العاملين لديها.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الروح الحارسة للمكان

مكان يتفاعل معك

إس. آر. ألجرنون

في البداية، حسبتُ وَقْع الأقدام خارج خيمتي رعدًا. ضغطتُ وسادتي على أذني، وحوَّلت اهتمامي إلى بيانات المسح الجيولوجي على هاتفي. فبعد قضاء أسبوعين على هذا الكوكب المنعزل، لم أحصل حتى على نصف ما كنت أحتاج إليه من بيانات. كنت قد رتبتُ لزيارتي بحيث تتزامن مع اصطفاف أقمار الكوكب الثلاثة على خط واحد، وهو يكفل ـ وفقًا لرأي الدكتور فيلدمان ـ غلافًا جويًّا مضطربًا، ويوفر الفرصة المثلى لاختبار فرضيَّتي القائلة إن التكوينات البلورية الموجودة على سطح الكوكب ناتجة عن عواصف الكوكب الباهرة.

لم يخبرني أحد أن هذا الشهر هو شهر التآزر لدى أهالي القرية. كانت القرية بكاملها تضج بصخب تحوُّل اليرقات إلى حشرات كاملة. وتسببت الأحوال الجوية في انقطاع اتصالي بمركز الاتصالات المدارية؛ وبالتالي لم أتمكن حتى من الرصد باستخدام الأقمار الصناعية. والأسوأ من هذا كله أن الأهالي الذين كان من المفترَض بهم أن يساعدوني على حمل المعدّات إلى الجبل، نأوا بأنفسهم عني، حتى عندما ضاعفتُ لهم الثمن. قالوا لي: «لا نستطيع مساعدتك. عاصفة الأرواح تهب. ابنة المِلكة تنادينا».

قولوا هذا للَّجنة التي ستناقش أطروحتي.

وبما أنه لم يتبقَّ لي إلا بضعة أيام أخرى على سطح الكوكب، عثرتُ لنفسي على خيمة، وانطلقتُ قاصدًا الجبال بنفسي. لم أستطع حمل المجموعة الكاملة من أجهزة المسح، لكنني استطعتُ تدبُّر الأمر باستخدام التطبيقات المثبتة على هاتفي، على أمل أن أقوم بتنقية البيانات فيما بعد.

كان البرق خارج الخيمة يضرب قريبًا منها، إلى درجة أنه كان يلقي بظلال الموت وأشلاء الموتى على جدران خيمتي. شُقَّت بقايا ساق نسيج الخيمة، واخترقت كيس النوم الخاص بي. تلوَّيتُ محرِّرًا نفسي، وألقيت هاتفي في كيس قمامة، وأخذت أركض، وكان هناك كائن يشبه الحشرة يركض معي، فكنت كَمَن يركض مع الثيران، إلى أن وصلتُ إلى صخور على جانب الطريق.

قلتُ في نفسي: «كان ذلك وشيكًا». وتذكرت طُرْفة سمعتُها في محاضرة في علم آثار الكائنات الفضائية للدكتور سوتو: «على أطراف الكون تدوسك الحشرات بأقدامها».

انتشل الكائن الشبيه بالحشرة ـ الذي دمَّر خيمتي ـ ساقه، وشق طريقه بين الزحام نحوي.

قال لي: «تقبَّل اعتذاري. أرجو ألا أكون قد أصبتك».

أجبته: «مجرد خدش، أو اثنين».

فرد قائلًا: «لا بد أن تنضم إلى الموكب. صائد الأرواح سيجد روحًا تشفي جروحك».

أجبتُ وأنا أنفض الغبار عني: «أفضِّل أن أجرب حظي في عيادة الميناء الفضائي الطبية».

قال الكائن الشبيه بالحشرة، وهو يعود أدراجه، لكي ينضم إلى الموكب: «الموانئ الفضائية تأتي وتذهب، أما الأرواح، فستكون دائمًا معنا. صحبتك السلامة».

تسلقتُ صاعدًا التل، وأخذتُ أراقب العاصفة. وبعد أن تحررتُ من أصداء وَقْع الأقدام المشتِّتة للانتباه تحتي، لاحظتُ أن معظم أشعة البرق يتقوس في اتجاه حافة جبلية بالقرب منّي. سِرْتُ بخطوات متثاقلة إلى قمة الحافة، فتَبَيَّن لي أنها حافة فوهة، أَحْدَثَها اصطدام. وكان البرق قد ضرب الصخور؛ وأذابها؛ تاركًا إياها مشوهة وزلقة.

التقطتُ صورًا فوتوغرافية لسطح الفوهة. كَوَّنَتْ ثلاث ضربات أخرى من البرق شبكةً من الخطوط الإشعاعية، تراءت لي عبر جفوني المغمضة. شعرتُ بوخز في جلدي، وبِطَنين في أُذُني. تَجَمَّع البرق، أو تراكم على نحو ما داخل الفوهة، فقلت في نفسي: «لماذا ينجذب البرق نحو الأرض المنخفضة. أثمة شيء يجذبه نحوها؟».

لعلي أتمكَّن في نهاية المطاف من إعداد أطروحة قَيِّمة، وسط هراء صائد الأرواح هذا.

وجهتُ هاتفي تجاه البقعة المتوهجة في مجال رؤيتي، وخَطَوْتُ إلى الأمام. كان المنحدَر أشد انحدارًا مما ظننتُ، لكنني تابَعْتُ تقدُّمي. كنتُ هادئًا إلى حد مخيف. ورغم أن كل ما تلقَّيته من تدريب كان يخبرني بأن عليّ أن أبتعد، إلا أن الفوهة كانت تسحب طاقتي إلى داخلها. وبعد نحو عشر ضربات برق أخرى، استدرتُ لأعود من حيث أتيت.

زلَّت قدمي في الوحل، وسقطتُ على إحدى ركبتي، وأخذتُ ألوِّح في الهواء بيدي. وبمجرد أن وقفتُ على قدمي، وجدتُ خيوطًا أشبه بخيوط العنكبوت تتعلق بكَفِّي وأطراف أصابعي.

ضرب البرق مرة أخرى. توهجَتْ الخيوط. تقلَّصَتْ كل عضلة في جسمي، وانقلبتُ على ظهري. وبعد أن ارتطمَتْ رأسي بالأرض؛ أَدْخَلَنِي الألم في حالة من الدوار والغثيان. وبمجرد سقوطي، تجمَّعَتْ الخيوط، لتصنع شرنقةً أحاطتني، بدت وكأنها قفص «فاراداي» فضي متلألئ.

وحين صحوتُ، وجدتُ نفسي في قاع الفوهة، متدليًا من شبكة تربطني بها الخيوط التي غطت أرضية الفوهة. كانت أشبه بالخيوط التي تحمل الدمى المتحركة. كانت الشرنقة تطوِّق ساقي، وذراعي، وأصابعي، كلًّا على حدة، وبالتالي لم تكن تعوق حركتي.

ضرب البرق. توهجت خيوط الشبكة الكثيفة فوق رأسي، إذ سرى فيها التيار.

ترامَى إلى سمعي صوت هسهسة، فاستدرتُ لأرى شكلًا عنكبوتيًّا له 12 قدمًا، يلُوح من كوَّة بين الظلال. لدى اقترابه مِنِّي، ضممتُ ذراعي بإحكام إلى صدري، في وضع يشبه وضع الفرعون الميت. ثم شُدَّتْ الخيوط التي تربطني بالشبكة بشدة، رافعةً إيّايَ عن الأرض.

قلتُ، شاعرًا بالامتنان، لأن الشرنقة كانت قد سمحت لي بالتكلّم: «لا بد أنك صائد الأرواح».

قال صائد الأرواح: «عندما يصل الآخرون، افعلْ ما آمُرُكَ به، ولا تنبس ببنت شفة». ضاقت الشرنقة على رقبتي، ثم ارتخت. أضاف صائد الأرواح: «سأعرفُ.. إذا حاولتَ خِداعي».

تفحَّص صائد الأرواح الشبكة التي كانت تحمل المئات من الآلات المحطمة، والعشرات من الهياكل العظمية غير البشرية.

لَفَظَتْ الشبكةُ التي كانت تحيط بي روبوتًا طبيًّا منبعجًا ملوثًا بالدماء، أخذ يتدحرج نحوي.

قال صائد الأرواح: «يمكنك استخدام هذا، أليس كذلك؟».

أومأتُ بالإيجاب، إذ يتعلم جميع الباحثين الميدانيين استخدامه في إطار تدريباتهم.

بدا صائد الأرواح راضيًا، وانطلق مسرعًا إلى الكوَّة. توقَّف البرق، وسمعتُ صوتًا مهيبًا، تتردد أصداؤه في الغرفة: «مَجِّدُوا جميعًا صائد الأرواح. هَلُمُّوا بجلب المصابين والعجزة».

قلتُ في نفسي إنهم سيُخْلُون سبيلي بمجرد رحيل الموكب، لكن كلمات الكائن الشبيه بالحشرة ظلت تتردد في رأسي: «الموانئ الفضائية تأتي وتذهب، أما الأرواح، فستكون دائمًا معنا». ■

إس. آر. ألجرنون درَس الكتابة الأدبية، وعلم الأحياء، وعلوم أخرى في جامعة كارولينا الشمالية في تشابل هيل، ويعيش حاليًّا في سنغافورة.

NATURE.COM
تابع المستقبليات:
@NatureFutures
go.nature.com/mtoodm

ILLUSTRATION BY JACEY

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية